



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**CURSO  
CA 141**

**INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS  
INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS  
DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN)**

**TEMA**

**Introducción**

**EXPOSITOR: M. I RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
PALACIO DE MINERIA  
FEBRERO DE 2003**

## 1.1 Fundamentos de los sistemas de control y automatización.

**Objetivo.** *El estudiante aprenderá los conceptos y esquemas relacionados con la instrumentación de sistemas de control y automatización, desde la noción básica de un instrumento de medición, hasta los complejos y modernos sistemas de supervisión, control y automatización de procesos.*

El desarrollo de los sistemas de control y automatización modernos tiene la capacidad de reunir, en torno a una meta común, a una serie de disciplinas que prestan importantes contribuciones al logro de sus objetivos. Entre estas disciplinas se encuentra la instrumentación electrónica, que se encarga de los aspectos básicos de medición, adquisición y procedimiento de datos, con lo que permite que los sistemas efectúen una cuantificación de las variables físicas que deben manejar. En este sentido, cabe destacar, es la instrumentación, entendida como una actividad de medición o cuantificación del mundo físico, la que confiere a la ciencia su carácter. Por ello, la instrumentación requiere avanzar a la vanguardia del desarrollo tecnológico y científico, ya que paralelamente al descubrimiento debe desarrollarse el mecanismo de evaluación o medición.

Entre otras disciplinas importantes que se reúnen en los sistemas de control y automatización, se tiene el control automático, las comunicaciones, la programación y diversos aspectos de la física y de la ingeniería, dependiendo del objetivo del sistema. Varios de estos aspectos se mencionan en el presente trabajo, tomando como referencia a la instrumentación electrónica, que constituye medularmente a los sistemas de control y automatización.

Una de las cuestiones más significativas de la instrumentación electrónica es que, por su carácter, debe adaptarse a muy diversos objetivos, de tal forma que, la confluencia de la instrumentación electrónica y la medicina, por ejemplo, da origen a la instrumentación médica; la unión con las ciencias de la tierra, da lugar a la instrumentación geológica, geofísica, etc. En el caso de los sistemas de control y automatización, la instrumentación electrónica tiene la responsabilidad de conectar el mundo físico de un proceso con los dispositivos o aparatos responsables de controlar, tomar decisiones o efectuar acciones para modificar, corregir o conducir o proteger el proceso bajo control.

### LA INSTRUMENTACIÓN ELECTRONICA

Para iniciar el análisis, es conveniente precisar lo que se entiende por instrumentación electrónica, el contexto en el que se encuentra y cuales son las formas que adopta.

Es un lugar común muy difundido que debe entenderse por instrumentación prácticamente toda actividad en la que se precisa de instrumentos; sin embargo, aunque esto puede ser verdad en el lenguaje común, no puede aplicarse

## SISTEMAS DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS (SAPD)

En el primer caso se presentó el esquema de medición de una sola variable, lo que produce instrumentos sencillos y de aplicación local. En otras ocasiones, sin embargo, se requiere la obtención y el tratamiento de los valores de muchas variables, función que ejecutan los sistemas de adquisición de datos, que son una forma elemental de los SAPD. En la figura 1.3 se observa que este tipo de sistemas no difiere esencialmente del esquema SM, excepto porque ahora existe una obtención y un tratamiento múltiple de las variables en observación. La diferencia, sin embargo, tiene muchas facetas que no son evidentes en el diagrama, pero que son importantes, como los procedimientos, principalmente de acondicionamiento y de registro, que se aplican a los datos que se obtienen.

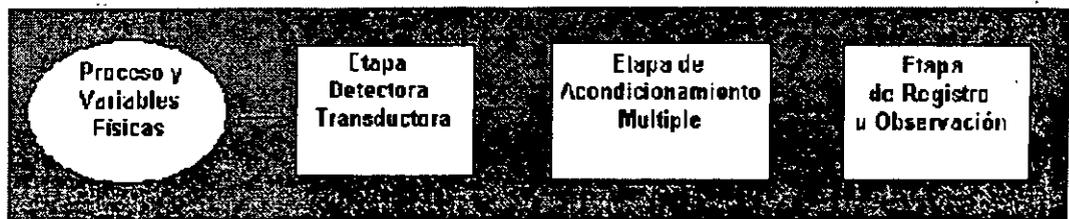


Figura 1.3. Diagrama esquemático de un sistema de adquisición de datos

En este caso, el objetivo principal consiste en obtener, no un valor o un conjunto de ellos, sino una "visión" específica del proceso en observación; ésto se conoce como estado del proceso y tiene la intención de caracterizarlo o controlarlo. Es preciso señalar que el volumen de la información que se maneja obliga al empleo de mecanismos de registro o almacenamiento, por lo que la etapa final va perdiendo su característica de ser una fase de observación y se convierte en una etapa para uso del sistema, donde se puede encontrar información útil para la operación.

En la figura 1.4 se muestra un diagrama esquemático de los sistemas de adquisición y procesamiento de datos SAPD, donde se observa que se ha agregado una etapa de procesamiento, posterior al acondicionamiento múltiple. Esta nueva etapa es la más importante del SAPD, porque es la responsable de obtener, a partir de toda la información obtenida, los elementos de juicio necesarios y resumidos para evaluar, corregir, conducir o controlar el proceso en cuestión.

Los elementos de juicio a que se hace referencia son curvas, cifras de mérito (como medias, dispersiones, etc.), diagramas, relaciones y todo tipo de información condensada que permitirá evaluar la evolución del proceso en observación y eventualmente tomar decisiones en forma automática para controlarlo.



Figura 1.4. Diagrama esquemático de un sistema de adquisición y procesamiento de datos (SAPD).

De acuerdo con lo que se ha planteado queda la idea de que en estos sistemas lo más importante no es la detección, el acondicionamiento o la medición de las variables, sino el procesamiento de los datos obtenidos. En este sentido cabe destacar que, aunque la etapa detectora-transductora es sólo una especie de canal de comunicaciones entre las variables físicas y los datos, se requiere que ésta trabaje eficientemente como, SM independiente de cada variable, ya que de su exactitud dependen las decisiones tomadas o los resultados obtenidos por el procesamiento. Y puesto que se hace énfasis en el procesamiento los datos, la síntesis, y no solo el análisis, forma parte de el SAPD.

Por otra parte, debe notarse que se ha hecho a propósito la distinción entre acondicionamiento y procesamiento, ya que en el primer caso no hay una transformación real de la información, en tanto que en el segundo, si la hay. En la etapa de acondicionamiento, por ejemplo, se realizan las siguientes operaciones típicas:

1. Muestreo y retención
2. Conversión analógica digital
3. Aislamiento eléctrico de las señales binarias adquiridas
4. Filtrado, amplificación o atenuación
5. Sincronía entre las distintas variables
6. Medición

Todas estas operaciones están encaminadas principalmente, a obtener valores confiables de la medición. En la etapa de procesamiento, por el contrario, el objetivo de las operaciones es muy diverso, como se percibe al mencionar algunas de las más simples:

1. Cálculo de estimaciones de probabilidad
2. Solución de integrales y diferenciales
3. Correlación y convolución
4. Cálculo y manejo de errores
5. Análisis espectral

La más importante característica que puede observarse en los SAPD, es que logran condensar la información obtenida, por lo que su utilidad se incrementa

notablemente, dando origen a los sistemas de control y automatización, sobre la base del empleo de elementos computación, recursos de programación y de la actuación sobre el proceso.

## SISTEMAS AUTOMÁTICOS (SA)

En la figura 1.5 se observa un diagrama esquemático de un sistema automático (SA) obtenido en forma natural y por evolución desde el SM.

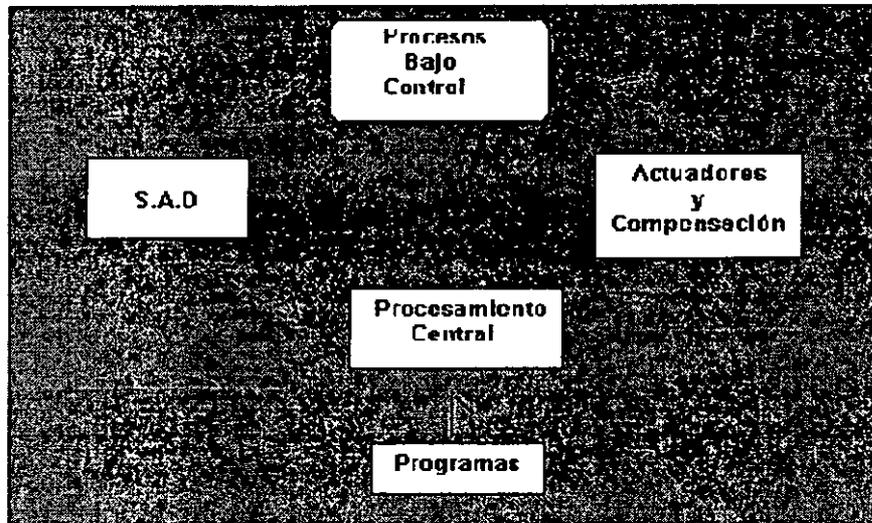


Figura 1.5. Diagrama esquemático de un sistema automático generalizado (SA)

Se destaca al procesamiento como la etapa medular del sistema, por lo que se ha separado la función de adquisición de datos para destacar la unidad de procesamiento central con su correspondiente programación y los actuadores o etapa de salida. Es indispensable hacer énfasis en que para los SAPD es más importante el procesamiento de los datos obtenidos (evaluación del proceso), mientras que para los SA son vitales las decisiones que deben tomarse sobre las acciones futuras (control del proceso).

Dentro de la clasificación de los SA es posible diferenciar dos tipos de sistemas de acuerdo con el tipo de señales y actuación que llevan a cabo en el proceso.

## SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL DE LAZO CERRADO

En los SA de control de lazo cerrado la medición y el control de las variables se efectúan dentro de un rango continuo de valores, lo cual es esencial para regular la operación del proceso, de acuerdo con el diagrama clásico mostrado en la figura 1.6.

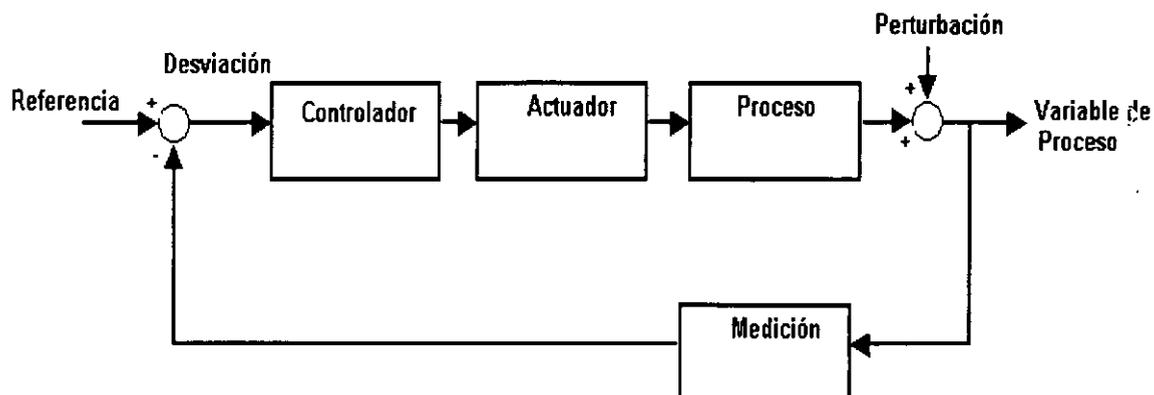


Figura 1.6. SA de lazo cerrado típico.

Esta forma de control es conocida en el ámbito industrial como control de lazo cerrado o control PID, debido a que el algoritmo de ese nombre es el que con mayor frecuencia se emplea y con mayor eficiencia. Es muy importante considerar que la medición y las funciones de actuación se efectúan dentro de un rango continuo de valores, lo que hace posible mantener el control de la variable de proceso en un rango especificado, de acuerdo con el valor de referencia, aún en presencia de perturbaciones.

## SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL LÓGICO

Por otra parte, los sistemas automáticos aplicados al control binario, también llamado lógico y de secuencias, se caracterizan por manejar variables de tipo binario, en lo que corresponde a la adquisición de datos del estado del proceso, como por las acciones de control que se realizan por medio de actuadores binarios, que habilitan o deshabilitan una acción correctiva o de seguridad. En la figura 1.7 se presenta el esquema fundamental de este tipo de SA.

Los SA de control binario más representativos en aplicaciones industriales son los muy populares controladores lógicos programables (PLC's). Por su naturaleza, estos SA son los que predominan en aplicaciones de seguridad, ya que son de acción rápida y porque lleva el proceso o equipo a un estado seguro.

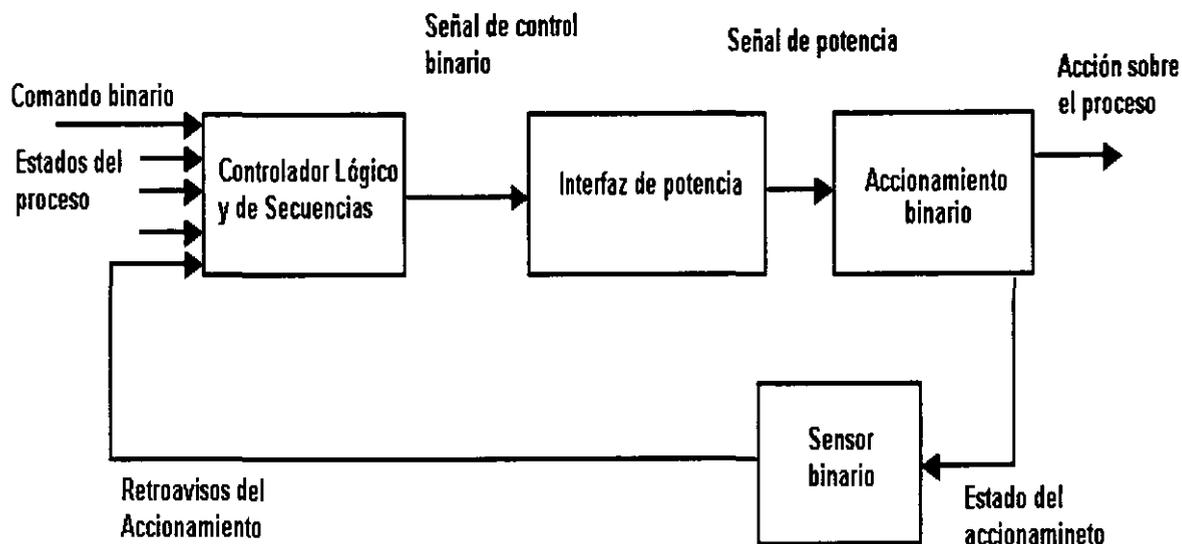


Figura 1.7. S A de control lógico

## SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

Los SCADA constituyen un nivel superior de los sistemas de control y automatización, ya que permiten integrar en un solo esquema las funciones y equipo que definen a los sistemas anteriores. Los SCADA son más reconocidos por su función supervisora, que por sus capacidades de control; esta facultad la adquieren con base en que disponen de amplias capacidades de comunicación con otros equipos de procesamiento de información.

Los SCADA tienen como función esencial el procesamiento de información proveniente de diversos sistemas de adquisición, procesamiento de datos, control y automatización, para utilizarla en distintos niveles administrativos de la planta industrial, por lo cual se construye con equipo de cómputo moderno, en arquitecturas de redes de computadoras propias del ámbito informático y computacional. En la figura 1.8 se muestra un esquema básico de un SCADA, en donde se destaca su función de procesamiento múltiple. Cabe aclarar que el diagrama mostrado es conceptual, porque en una implantación real, los SCADA se desarrollan ampliamente con base en su capacidad de comunicación, por medio de la cual constituyen una red formada por sistemas SAPD y SA, cada uno operando de manera autónoma, compartiendo información y explotando al máximo el de manejo de información y la funciones de interfaz humano máquina.

A partir de las nociones originales de instrumentación local y de los sistemas de control y automatización que se han presentado, han evolucionados esquemas que se realizan con base en controladores o estaciones de control local que se distribuyen a lo largo de la planta para efectuar funciones de medición, control y

seguridad. La construcción de los controladores, con base en microprocesadores, ha hecho posible su interconexión, por medio de diversos canales de comunicación, para formar diversas arquitecturas que se presentarán más adelante. En este contexto de diversidad tecnológica y de esquemas, los SCADA representan un forma muy importante de estructuración, debido a sus capacidades de manejo de bases de datos y sistemas de información, avanzadas interfaces gráficas y la funcionalidad de sus dispositivos de comunicaciones. En la figura 1.8 se ilustra el concepto de SCADA y su interacción con otros sistemas de control y automatización.

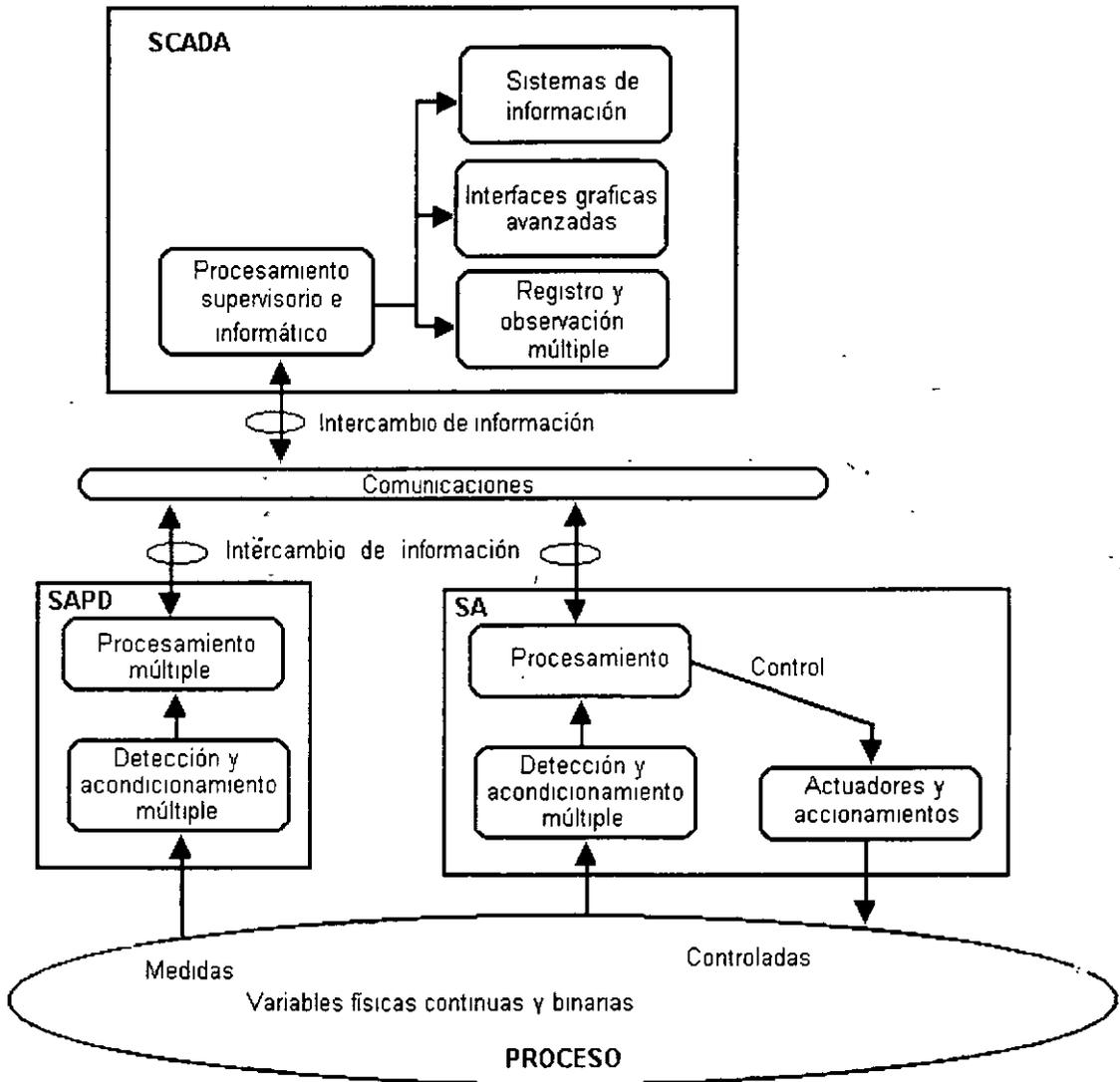


Figura 1.8. Sistema de control supervisorio y adquisición de datos SCADA

## 1.2 Funciones de seguridad, protección, medición y control.

**Objetivo:** *El alumno comprenderá el desarrollo y aplicación de los sistemas de control y automatización en relación con las esenciales funciones de seguridad, protección y control de los procesos en plataformas marinas.*

El objetivo primario en las industrias de procesos es combinar las unidades de procesamiento como reactores, columnas de destilación, extractores, evaporadores, intercambiadores de calor, etc., en un "proceso" o "planta" para transformar materiales crudos y energía de entrada en un producto terminado. Los principios básicos que guían la operación de estos procesos son los siguientes:

- Deben ser operados con seguridad.
- La velocidad de producción debe ser mantenida.
- Las especificaciones de calidad del producto deben ser cumplidas.

Ya que los procesos son dinámicos por naturaleza, los sistemas de control tienen la responsabilidad de supervisar e inducir cambios en las variables apropiadas relativas a la seguridad, producción y calidad del producto. La premisa fundamental de las funciones de seguridad y control de procesos es que la respuesta natural de todos los procesos dinámicos puede ser modificada por la influencia de un controlador. El objetivo es, por lo tanto, diseñar e implantar el controlador de manera que la respuesta dinámica sea modificada de acuerdo con un modelo deseado. Sin embargo, el grado o extensión en la cual la respuesta natural puede ser modificada apropiadamente está usualmente determinada por:

- La profundidad del conocimiento que se tiene de las características intrínsecas del proceso.
- La versatilidad de los elementos de hardware disponibles para la implantación del controlador.
- La naturaleza de las limitaciones inherentes al proceso.

Dado que no se puede hacer mucho sobre las limitaciones inherentes del proceso se ha llegado a la situación de que los mayores retos del control de procesos radican en que éstos son enormes, complejos y pobremente entendidos. Lo anterior explica la **tendencia actual de un creciente entendimiento de los procesos**, con lo cual, debe ser posible desarrollar modelos más adecuados y precisos; estos modelos y el conocimiento obtenido de su análisis hacen más fácil el diseño de sistemas de control más efectivos. Entonces, **de todos los factores que influyen en el estado actual del control de procesos, quizá, ninguno es tan significativo como la computadora**, ya sea como un elemento de hardware en donde se implanta el esquema de control avanzado, o como el dispositivo que facilita el análisis y el diseño. Esto se evidencia en el hecho de que prácticamente todas las plantas modernas de procesos están equipadas con su propia red de computadoras.

## FUNCIONES DE SEGURIDAD Y CONTROL EN EL PROCESO

El servicio, la utilidad y la importancia de la instrumentación en la seguridad, el control y la automatización de procesos petroleros cobran relevancia al analizar el contexto de la aplicación, en donde no solamente se requieren las funciones de automatización jerarquizada e integral, sino que las tareas de protección y seguridad son vitales para la permanencia del proceso, el personal a cargo y el desempeño eficiente de las operaciones. Estas desarrollo de estas funciones requiere que se establezcan condiciones de prioridad de ejecución para asegurar una trabajo organizado, además de que dichas funciones son implantadas dentro del marco de referencia establecido por la organización jerárquica del sistema de automatización. La figura 1.9 ilustra una aproximación a esta idea.

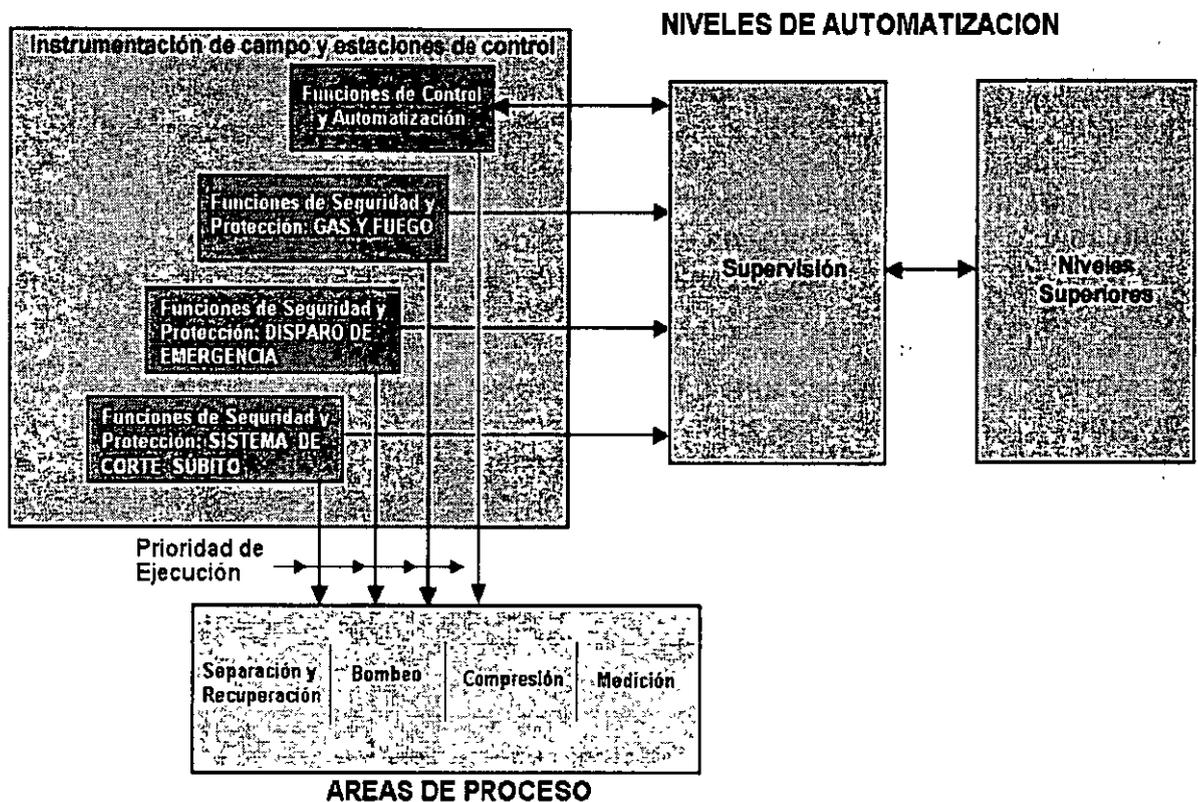


Figura 1.9. Funciones de seguridad y control en la organización jerárquica del sistema de automatización.

En cada una de las áreas y equipo del proceso existen diversos instrumentos que se encargan de realizar las funciones de:

- Corte súbito
- Disparo de emergencia
- Detección de Gas y Fuego.
- Monitoreo del Proceso.

- Control.
- Automatización.

En algunos casos un instrumento puede ser empleado para desarrollar varias de las funciones mencionadas; sin embargo, en la actualidad se prefiere tener instrumentos y sistemas dedicados a la protección y seguridad. Más allá de esta diferenciación, los instrumentos y el equipo referido se organizan en una estructura jerárquica de automatización, de tal forma que no trabajen aisladamente, sino en una organización dinámica y eficiente.

En el diagrama anterior se muestra un bosquejo de esta organización que permite establecer una jerarquía de automatización y prioridades en la ejecución de los comandos de control. En el diagrama se destaca que es necesario establecer un nivel de prioridad a las acciones generadas por el equipo de control, correspondiendo la más alta al equipo destinado al corte súbito y paro de emergencia, seguido por el equipo de gas y fuego y, por último, si las condiciones de seguridad y protección son satisfactorias, la prioridad corresponde a las tareas normales de medición y control del proceso. En este esquema se considera que los instrumentos se encuentran distribuidos a través de las áreas de la planta, normalmente con sus respectivas estaciones de control (esta idea puede incluir la presencia de cuartos de control local conteniendo diversas estaciones de un área específica).

Asimismo se asume que las funciones y tareas del equipo y la instrumentación son coordinadas con base en varios niveles de automatización, lo cual debe asegurar, además de la coordinación de tareas, la disponibilidad de información real y actual de la operación del proceso para diversos fines, entre los que destacan la supervisión general de la planta, la información estadística, la información de evaluación y otros. Es evidente que la coordinación de un sistema de este tipo requiere de una etapa de comunicaciones eficiente y moderna, basada en los esquemas de redes de computadoras.

En el ejemplo siguiente se pueden abordar detalladamente algunas etapas de un proceso, con el fin de reconocer la aplicación de las funciones de seguridad y control. En la figura 1.11 se muestra el detalle de un separador incluyendo la instrumentación asociada, en donde el nivel se regula por medio del controlador *LC-3101* y las válvulas *LV-3101* y *LV-3104*. Esta instrumentación constituye una aplicación de control de procesos, en donde también se tiene señalización de diversas variables al sistema de monitoreo (SCADA) ; dicha señalización se indica por medio de los símbolos normalizados de tipo hexagonal conectados a transmisores y sensores.

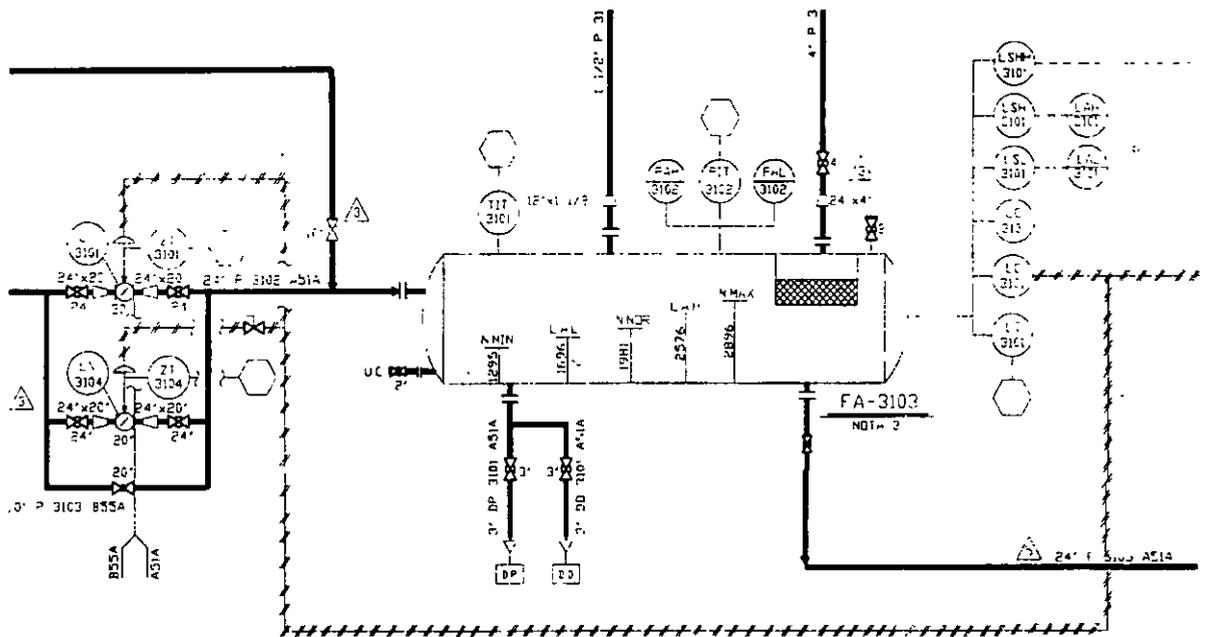


Figura 1.11. Lazo de control de nivel en un separador.

Otra muestra de la instrumentación dedicada al control se refiere a la regulación de la presión del gas de desfogue del mismo separador, como se ilustra en el diagrama de la figura 1.12, en donde el controlador *PC-3104* actúa sobre la válvula *PV-3104*, cuya posición se señala al SCADA.

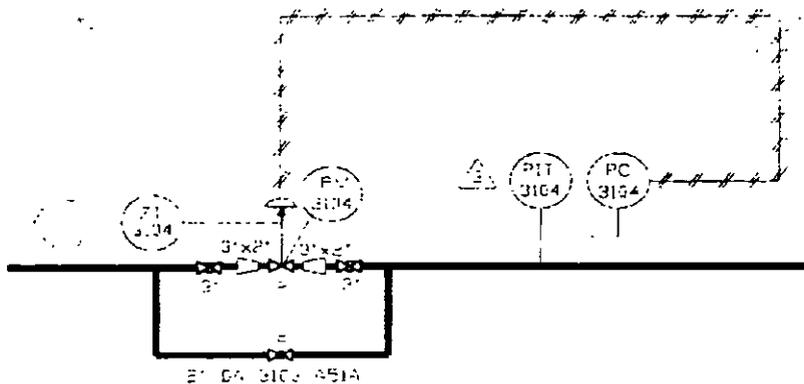


Figura 1.12. Lazo de control de presión en un separador

En el mismo separador se desarrolla la función de seguridad de la figura 1.13, en donde, por medio de la válvula de tres vías *SDY-3106* se corta el flujo de gas al cabezal de succión de compresores dada una condición de muy alto nivel en el separador, condición que es detectada por el sensor binario *LSHH-3101*. La solenoide de tres vías dedicada al corte de emergencia (ESD), es actuada por la señal binaria de muy alto nivel, para que la válvula neumática *PV-3106* cierre completamente ante la condición mencionada, en una configuración de falla segura. Es muy importante destacar que en este caso, la instrumentación que se aplica al disparo de emergencia, también se emplea para regular la presión en condiciones normales, lo cual ocurre si la solenoide *SDY-3106* permite la

regulación de la válvula PV-3106.

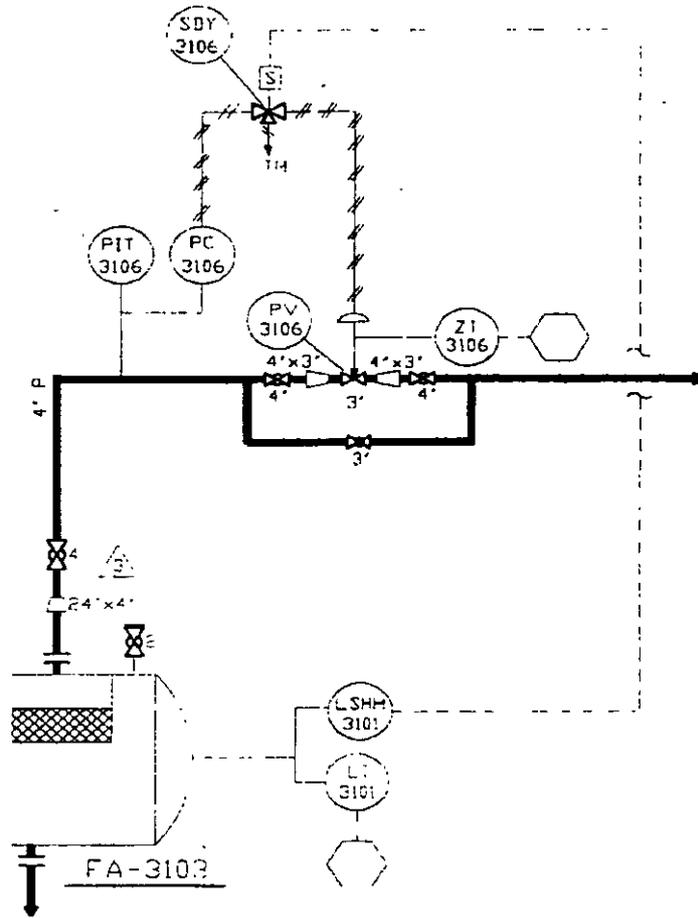


Figura 1.13. Circuito lógico de disparo de emergencia en un separador

El anterior es un claro ejemplo de la forma en que se asignan prioridades a las funciones de seguridad y control; tal como se ha descrito, la señal de disparo de emergencia tiene prioridad sobre la señal de regulación normal.

En relación con la instrumentación dedicada a la medición, en la figura 1.14 se tiene el diagrama de un paquete de medición de crudo instalado en el cabezal de salida de un grupo de bombas. Los medidores de flujo FE-3103 y FE-3104, y los totalizadores FQIT-3103 y FQIT-3104 se encargan de enviar la medición correspondiente al SCADA. Además de la medición anterior, es importante monitorear la presión en el cabezal de descarga de la batería de turbobombas, lo cual se muestra en la figura 1.15, en donde el controlador PC-3114 y la válvula PV-3114 se encargan de esta regulación. En este caso se muestra nuevamente la señalización al SCADA.

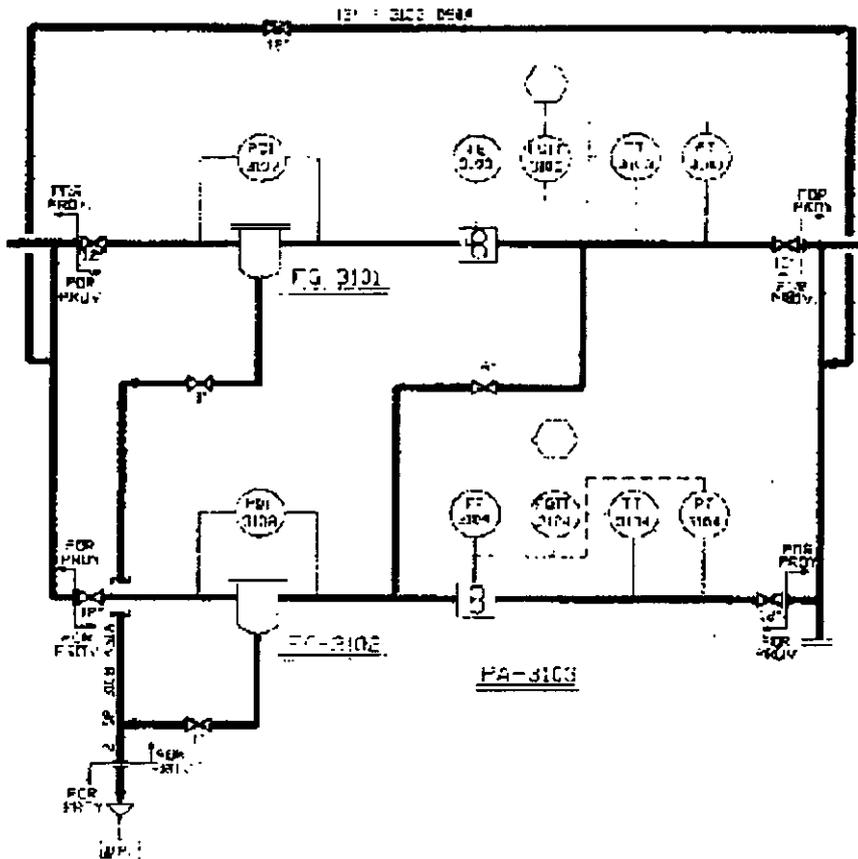


Figura 1.14. Medición crudo en el cabezal de salida de turbobombas

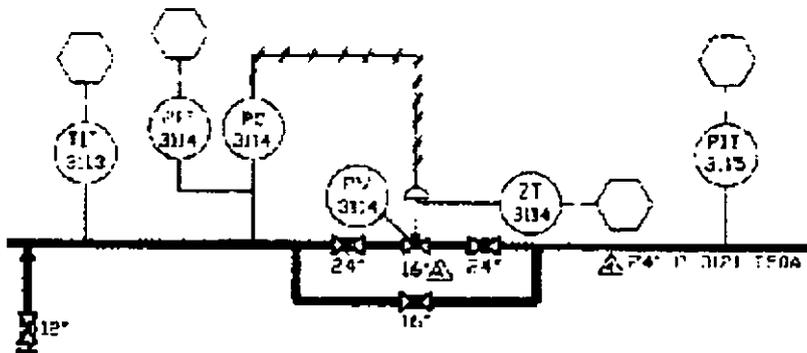


Figura 1.7 Control de presión del crudo en el cabezal de salida de una batería de turbobombas

Finalmente, de acuerdo con la figura 1.16, sobre el mismo cabezal de salida del crudo, se tiene la función de disparo de emergencia, indicado con la etiqueta *S/D*, la cual actúa, en forma binaria, sobre las válvulas solenoides *SDY-3117 A* y *B*, para suministrar aire de cierre a la válvula de pistón *SVD-3117*. La instrumentación de corte del flujo de crudo también puede comandarse remota o localmente por medio del selector *HS-3117*; en forma local se emplean los botones *PB-3117 A* y

B,

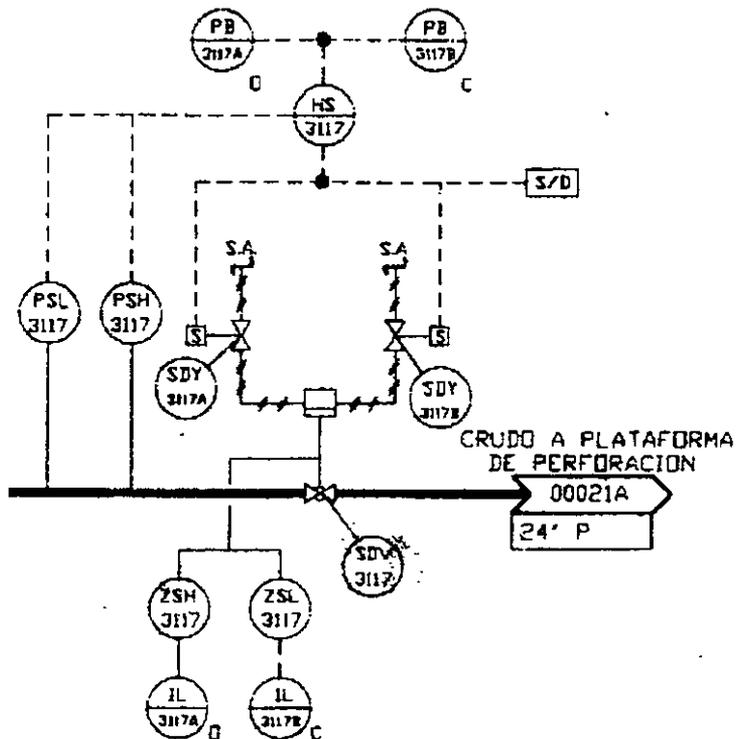


Figura 1.16. Instrumentación de corte súbito en el cabezal de crudo de salida.

En los casos anteriores, los DTI's muestran los requerimientos de instrumentación en la líneas del proceso, pero no especifican los dispositivos o equipo que debe implantarse, ni las funciones específicas que se desarrollan. A partir de estas necesidades y con base en los esquemas actuales de los sistemas de medición y control, presentados en el tema 1.1, se puede establecer la visión sistémica de la instrumentación en los procesos o áreas de las plataformas marinas, de acuerdo con las funciones, jerarquía y prioridades de ejecución que se han mencionado.

### 1.3 Visión sistémica de los equipos y dispositivos de seguridad y protección, en los diferentes procesos de las plataformas marinas.

**Objetivo.** A partir de análisis anterior de los esquemas generalizados de control y automatización, las funciones de seguridad y control que se han definido y las características particulares del procesos en plataformas marinas, en este tema, el alumno identificará y comprenderá las tareas y esquemas relacionados con los sistemas de instrumentación aplicados a la seguridad y protección en plataformas marinas.

Los sistemas de instrumentación dedicados a las funciones de seguridad y protección tienen como propósito fundamental la adquisición de variables de

proceso para conformar esquemas de seguridad de alta confiabilidad y disponibilidad. En plataformas marinas los sistemas de instrumentación dedicados a la seguridad tienen aplicaciones específicas de acuerdo con la siguiente clasificación de tareas:

- Sistemas de corte súbito.
- Sistemas de disparo de emergencia (ESD).
- Sistemas de gas y fuego (G&F)

Su característica principal es la especialización normalizada, entendiéndose por esto, la capacidad para desarrollar funciones muy específicas apegadas a una serie de lineamientos muy estrictos que aseguran la integridad de las personas y las instalaciones petroleras.

Los sistemas de seguridad tienen como misión principal la de mantener a los procesos industriales dentro de un estado de seguridad o detener los procesos en caso de que se excedan las condiciones operativas seguras. Si estos eventos no pueden ser manejados por los sistemas de paro por emergencia, o si el ESD no funciona, otros sistemas como los sistemas de detección y supresión de fuego mitigarán las consecuencias. La función primaria para ambos tipos de sistemas de seguridad, es evitar daños al personal o inclusive la muerte y preservar el medio ambiente. Estos sistemas contribuyen en forma significativa a elevar los niveles de seguridad de las instalaciones, así como del personal encargado de operarlas, ya que previenen el peligro y/o abaten notablemente las consecuencias en caso de contingencia. De igual forma contribuyen a reducir las cuotas de primas de aseguramiento de cada una de las instalaciones de producción.

Las inversiones y los costos de mantenimiento son elevadas para ambos tipos de sistemas; la "calidad de la seguridad", el tamaño del sistema y especialmente las técnicas de evaluación de los SIS, son tema de discusión e investigación, aunque es muy importante considerar que la sociedad no acepta riesgos en las actividades industriales que afecten la vida o al ambiente. Por supuesto que siempre existirá un nivel de riesgo, pero este debe ser lo más bajo posible.

Un aspecto inconveniente de un sistema de seguridad mal aplicado se refiere a los disparos en falso que pueden detener los procesos ocasionando pérdidas en la producción y financieras.

Para el adecuado diseño e implantación de los Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS) es necesario tomar en cuenta las normas y estándares de seguridad. Actualmente el diseño e implantación de los SIS, se están basando en el estándar ISA S84.01. Asimismo, es importante destacar que el comité electrónico internacional (IEC) cuenta con el anteproyecto de norma 61511, el cual cubre mas aspectos que el estándar de la ISA, pero no ha sido liberado para su aplicación.

La implantación de un SIS debe hacerse con estricto apego a las etapas de un ciclo de vida indicado en los estándares internacionales. El ciclo de vida de seguridad cubre una serie de pasos para la implantación de un Sistema Instrumentado de Seguridad, desde el análisis del proceso crítico o peligroso, el diseño del sistema de seguridad, su implantación, mantenimiento, así como la modificación o el retiro del sistema, en caso de que existan modificaciones al proceso. El ciclo de vida enuncia los requerimientos de todo el sistema sin precisar la tecnología o sistema lógico que debe utilizarse (relevadores, estado sólido o programable), ni la configuración de la instrumentación de campo (sencilla, dual o triple) o la frecuencia de prueba del sistema (mensual, trimestral o anual).

## DEFINICIÓN DEL NIVEL DE INTEGRIDAD DE SEGURIDAD REQUERIDO (SIL)

Una vez que se ha determinado la necesidad de implantar un Sistema Instrumentado de Seguridad, el siguiente paso es establecer los requerimientos de dicho sistema, tomando como base el nivel de integridad de seguridad (SIL). El SIL define el nivel de desempeño requerido de un SIS en cuanto a disponibilidad y confiabilidad, mismo que es necesario para alcanzar un objetivo de seguridad marcado por el usuario. Entre más alto sea el SIL, mayor será el nivel de disponibilidad de las funciones de seguridad del SIS. El desempeño de los sistemas puede mejorarse incrementando la frecuencia de pruebas, el uso de diversos sensores y elementos finales de control, etc. El desempeño también se mejora a través de un mejor diseño de estrategias y procedimientos de control, operación y mantenimiento.

Existen dos tipos de métodos para establecer el SIL, de tipo cualitativo y de tipo cuantitativo; los últimos proveen una base estadística y una referencia común de entendimiento para comparar diferentes sistemas de seguridad, pero tiene el inconveniente de ser mucho más complejos. Los métodos cuantitativos aparte de ser utilizados para determinar el SIL del SIS, no ofrecen información como la disponibilidad, el factor de reducción de riesgos (RRF) y la probabilidad de falla en demanda (PFD). Independientemente del método empleado se sigue una secuencia de pasos que van desde un análisis cualitativo del proceso hasta el cálculo de la disponibilidad apropiada para cada nivel de integridad buscado. El factor de reducción de riesgos se define como, la cantidad en que un sistema de seguridad reduce el riesgo global de una planta, comparada con la situación de no utilizar tal sistema.

Normas como la SP84.01 y la IEC 61508 identifican los niveles de integridad de seguridad, como un índice del riesgo de un proceso. En la tabla T1.1 se muestra un resumen de los requerimientos de desempeño de un sistema de seguridad expresados en términos de disponibilidad, probabilidad de falla en demanda y el factor de reducción de riesgo para cada nivel.

Nivel de integridad	de Disponibilidad de seguridad	de Probabilidad de Falla en demanda.	de Factor de reducción de riesgo.	de
4	> 99.99%	< 0.0001	> 10,000	
3	99.9 – 99.99%	0.001 – 0.0001	1,000 – 10,000	
2	99 – 99.9 %	0.01 – 0.0001	1,000 – 100	
1	90 – 99%	0.1 – 0.01	10 – 100	
0	N/A	N/A	N/A	

Tabla T1.1. Niveles de integridad y factor de reducción de riesgo

A continuación se muestran algunas recomendaciones sugeridas por la ISA para la selección de arquitecturas dependiendo del nivel de integridad de seguridad especificado.

1. Generalmente para un **SIL 1**, el nivel de seguridad se alcanza con un solo sensor, lógica y elemento final, de acuerdo con lo mostrado en la figura 1.17.

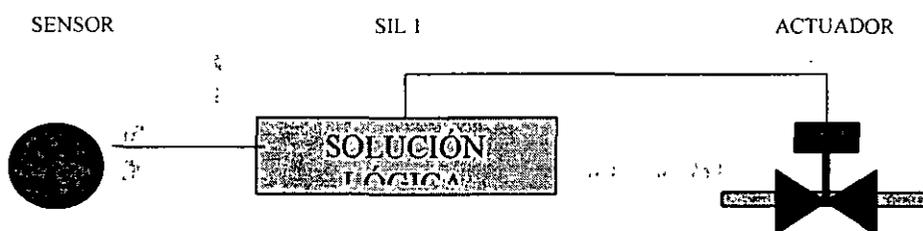


Figura 1.17. Configuración SIL1

2. Para un **SIL 2** se tienen dos casos como se ilustra en la figura 1.18.
  - a. Cuando el nivel de seguridad aún es posible ser mantenido con un sistema simple.
  - b. Para el segundo caso se requiere de redundancia doble, en cada uno de los componentes (sensor, lógica y elemento final).

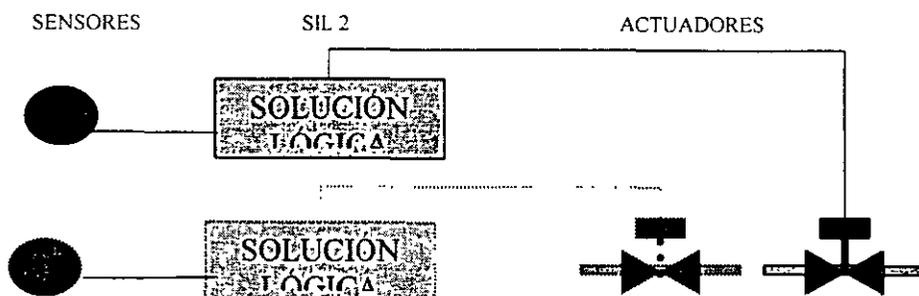


Figura 1.18. Configuración SIL2

3. Para un **SIL 3** se tienen dos casos:

- a. Incluyendo redundancia doble en cada uno de los componentes del sistema, como lo muestra la figura 1.19.

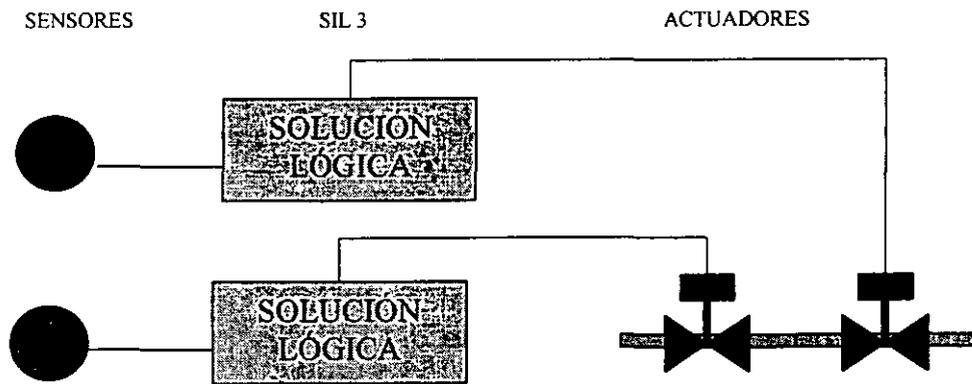


Figura 1.19. Configuración SIL3

- b. Incluyendo redundancia doble solamente en sensores y elementos finales, la redundancia en la lógica se determina según el criterio propio, ver figura 1.20.

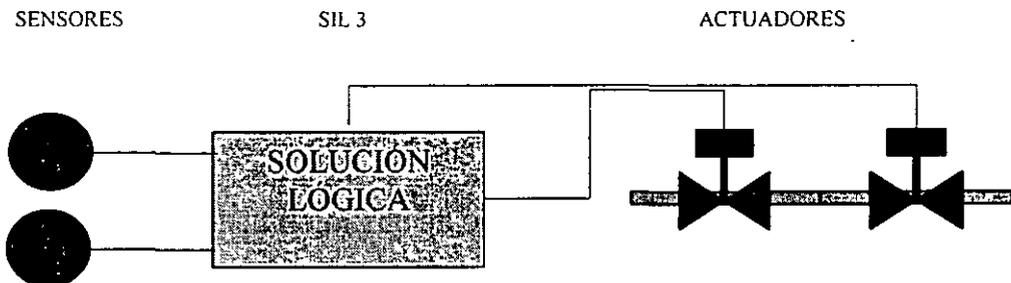


Figura 1.20. Configuración SIL3

Una vez que se ha definido el nivel de riesgo del proceso y el nivel de integridad requerido, es necesario elegir la tecnología y la arquitectura más adecuada del SIS. La elección de un adecuado sistema de seguridad, en algunas ocasiones está llena de disyuntivas ya que existen muchas formas de diseñar SIS, en cuanto a la tecnología más apropiada (eléctrica, electrónica o programable), el nivel de redundancia más confiable (simple, dual o triple) y la frecuencia de prueba de los sistemas.

Los sistemas de seguridad deben estar certificados por agencias independientes de pruebas, con reconocimiento internacional. Existen agencias de certificación tales como la TÜV en Alemania y la Factory Mutual en USA. Estas compañías realizan una serie de pruebas para calificar, de acuerdo con normas y estándares

a los Sistemas Instrumentados de Seguridad, así como los instrumentos de campo usados en procesos críticos. Las fases de calificación se realizan.

Los puntos de evaluación de los SIS son los siguientes:

- Revisión del concepto.
- Inspección del hardware.
- Inspección del software.
- Integración y prueba del sistema.
- Inspección en el aseguramiento de la calidad en la fabricación.
- Condiciones de aplicación.

Los resultados de la aprobación son documentados certificados, cuyo beneficio consiste en que el sistema programable puede ser usado en diferentes aplicaciones.

A continuación se listan algunas de las principales características de los sistemas integrados de seguridad.

- El Sistema Instrumentado de Seguridad no debe reaccionar ante una falla aparente, sino ante una falla real; su diseño debe ser a falla segura y tolerante a fallas, es decir, ninguna falla del sistema del SIS deberá ocasionar un paro en el proceso. También se dice que un sistema de seguridad no deberá contener puntos sencillos de falla, lo que significa que la falla de cualquier componente sencillo no deberá afectar la operación del sistema de seguridad.
- No debe permitirse que desde la interfaz de operación se cambie el software de aplicación del SIS, lo que implica la protección contra cambios no autorizados; las características de protección de hardware y software deberán ser provistas a través del control de acceso (password). También se deberá aplicar alguna forma de protección de la memoria, esto impide que algún dispositivo externo dañe la memoria o la operación del sistema. Las acciones que se tomen en el Sistema Instrumentado de Seguridad se deberán registrar automáticamente para su análisis posterior al paro.
- Los usuarios están poniendo más énfasis en el fácil mantenimiento; hasta donde sea posible, los usuarios quieren realizar diagnósticos en línea, incluyendo el cableado de campo y los sensores. El SIS debe ser capaz de detectar fallas en sus componentes, avisando al operador la falla propia que se ha presentada y una vez que se ha reparado, regresar a la condición normal de operación. Asimismo, debe permitir probar en línea a los elementos sensores y a los elementos finales.
- Dada la importancia creciente de los aspectos de seguridad y sus nuevos estándares, muchas compañías están usando sistemas que son específicamente diseñados para esta función.

- El Hardware del SIS debe estar completamente separado del Sistema de Medición y Control del Proceso; asimismo los sensores y actuadores del SIS deben estar separados de los sensores y actuadores del control del proceso.
- Con respecto al software de programación; la tendencia es realizar sistemas de programación basados en ambientes amigables para el operador y que faciliten la integración a nuevos sistemas operativos como Windows 95 o Windows NT. Los SIS deberán contar con programación y documentación sencilla; los lenguajes de programación simples y de fácil entendimiento reducirán la posibilidad de errores de programación.
- Los sistemas de seguridad deben ser capaces de ejecutar programas múltiples, lo que significa que las unidades de proceso individual pueden tener su propio programa en su propia ubicación en memoria, alterar o cambiar cualquier programa no causa un impacto sobre los demás programas.
- Actualmente muchos usuarios requieren enlaces de comunicación serial entre los sistemas de seguridad y los sistemas de control y de cómputo. Los fabricantes de los sistemas de seguridad han desarrollado interfaces para comunicar el sistema de seguridad con diversos sistemas de control, como los de control distribuido, a través módulos de comunicación de estándares internacionales, como Ethernet bajo el protocolo de comunicación TCP/IP o redes maestro/esclavo bajo el protocolo Modbus. Esto permite monitorear el estado del sistema de seguridad en tiempo real.

En la figura 1.21 se muestra un esquema de la coexistencia de la instrumentación de control del proceso, la de protección y la de gas y fuego, de acuerdo con los conceptos presentados anteriormente.

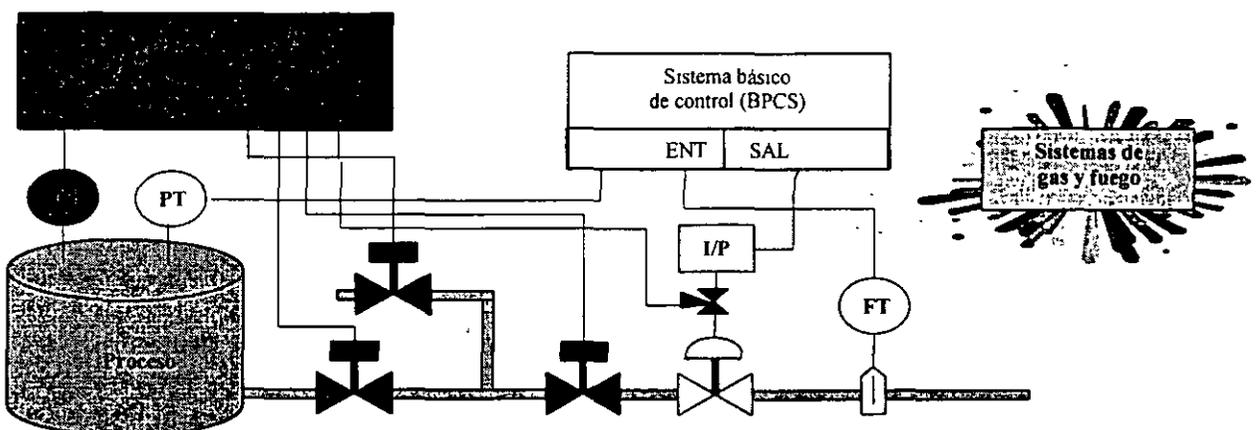


Figura 1.21. Instrumentación de control y de seguridad

En este diagrama se representa la prioridad que se da a las funciones de seguridad sobre el control del proceso: la señal binaria que viene del SIS actúa sobre una válvula solenoide a la salida del convertidor I/P en el lazo de control.

Esta situación es similar al ejemplo mostrado en la figura 1.13, en donde una válvula solenoide puede activar el cierre completo de la válvula de proceso, cuando se activa la función de seguridad, o bien puede habilitar el lazo de control, si la función de seguridad no es requerida.

#### *1.4 Visión sistémica de los equipos y dispositivos de medición, control y supervisión en plataformas marinas.*

**Objetivo.** *En este tema, el alumno identificará y comprenderá las tareas y esquemas de control y automatización de procesos, en plataformas marinas, en su perspectiva de sistemas integrados.*

A principio de los años 40, la mayoría de los procesos se operaban manualmente; como los volúmenes de producción se incrementaron y las interconexiones entre las unidades de proceso se hicieron más complejas, la necesidad de automatización llegó a ser mayor. La aplicación de control con realimentación básica para resolver problemas de automatización se popularizó en los años 50. En las siguientes décadas, se impusieron demandas más estrictas a los sistemas de control, mismas que no pueden satisfacerse con técnicas de realimentación tradicional, lo cual, ha creado la necesidad de aplicar esquemas y teorías de control sofisticadas para los procesos industriales. La implantación de técnicas avanzadas de control, no habría sido posible sin el gran desarrollo de la tecnología de instrumentación de control de procesos.

Desde estas etapas originales la instrumentación de los procesos ha permitido medir las variables del mismo, con el fin, ya sea de monitorear o supervisar su operación y desempeño, o bien para implantar las funciones de control requeridas para que dicha operación se lleva a cabo. Las características principales de la instrumentación aplicada a la medición, monitoreo y control de procesos son la diversidad y la flexibilidad, entendiéndose por esto, la capacidad para desarrollar diversas y múltiples funciones a través de todas las áreas, procesos y equipo que conforman las instalaciones petroleras.

### **FUNCIONES DE CONTROL**

Desde una perspectiva amplia, hay dos aspectos fundamentales relativos al control de procesos industriales:

- **Control de planta**, el cual como insinúa su nombre, implica el control total de la operación de la planta, considerada como una entidad, cuyos componentes son las diversas unidades de procesamiento interconectadas.
- **Control de unidades de procesamiento**, como son los reactores, columnas de destilación, intercambiadores de calor, separadores, etc.

## CONTROL DE PLANTA

El problema del control de planta involucra mucho más que el mero control de las unidades individuales, el cual se considera generalmente en segundo lugar. El control de planta se refiere al problema fundamental de seleccionar la estructura global del sistema. En esta "primera etapa" debe asegurarse el más adecuado flujo de material y/o energía entre las unidades de procesamiento, la contención de la propagación de perturbaciones y la operación estable de todo el proceso. Estos términos conocidos como "operatividad del proceso", "controlabilidad del proceso" y "estabilidad del proceso" son empleados para definir los objetivos del sistema en esta etapa. Es claro que el control de planta debe considerar conjuntamente la interacción entre el diseño del proceso y las estrategias de control.

## CONTROL DE UNIDADES DE PROCESAMIENTO

Una gran parte de los esfuerzos de la ingeniería de control está dirigida hacia el control de unidades de procesamiento, por lo cual, prestaremos un poco de más atención sobre este aspecto.

Prácticamente todas las unidades de procesamiento de importancia son de tipo multivariable, con fuerte interacción entre las variables de entrada y salida; típicamente muestran características no lineales y a menudo sufren de retardos de tiempo como resultado del transporte de material a través de tuberías, o como resultado de la medición y el retardo del análisis de variables.

## TECNICAS DE CONTROL APLICADAS EN LA INDUSTRIA

Las técnicas de control más aplicadas en los procesos industriales son:

### 1. **Control clásico PID.**

- Ambas versiones analógica y digital.
- Algunas veces mejorado con esquemas de prealimentación, cascada, relación, predictor de Smith, etc.
- Para sistemas de tipo multivariable con frecuencia se emplean arreglos de ganancia relativa (RGA) para determinar acoplamientos.

### 2. **Control lógico y de secuencias.**

### 3. **Control de calidad estadístico.**

- Técnicas de control de calidad (tales como las gráficas de Shewart, CUSUM, etc.).
- El Análisis de Componentes Principales ha sido recientemente introducidos para analizar datos de procesos multivariables, como potencial herramienta para el control de decisiones.

#### 4. Desacoplamiento.

#### 5. Otros.

- Redes neuronales aplicadas al modelado y algunas veces al control.
- Técnicas de propósitos especiales.

Estas técnicas han sido empleadas en diversos casos para resolver un número significativo de problemas de control industrial; sin embargo, todavía hay muchos retos importantes que requieren una solución efectiva y económicamente realizable.

### ALGUNOS PROBLEMAS COMUNES Y SUS NECESIDADES

El control efectivo de algunos procesos industriales es, todavía, obstruido por algunos problemas y necesidades, como las que listan a continuación:

1. Mediciones en línea. Hay muchos procesos en los cuales las variables no pueden ser medidas en línea, lo que complica grandemente el control, ya que es muy difícil controlar lo que no se puede medir.
2. Procesos no lineales. Puesto que las técnicas de control estándar aplicadas en la industria son para sistemas lineales, el control de procesos que exhibe fuertes elementos de comportamiento no lineal representa un serio problema. La teoría de control lineal estándar es inadecuada; el control de modelo predictivo lineal (MPC) provee un desempeño pobre, el control adaptable ha tenido un éxito limitado; los métodos geométricos, así como el control robusto, no son del todo prácticos; por otro lado, el MPC no lineal está todavía en desarrollo.
3. El modelado y la identificación para el diseño del sistema de control. Un número significativo de esquemas de control está basado en el modelo del proceso y es ampliamente conocido que la tarea de obtener dicho modelo es particularmente complicada y requiere de grandes esfuerzos.
4. El modelado para simulación y entrenamiento. El desarrollo de modelos de alta fidelidad y bajo mantenimiento para simuladores que puedan ser usados para la evaluación del sistema de control, lo mismo que para el entrenamiento de operadores, son cruciales, sobre todo si los sistemas de control sofisticados permanecen como una parte importante de los procesos químicos del futuro. La investigación relacionada con los paradigmas del modelado y las plataformas de computo convenientes para estos simuladores continúa en desarrollo.
5. Supervisión y diagnóstico del proceso. También debe avanzarse en el desarrollo de paradigmas efectivos y herramientas para la supervisión y diagnóstico automático del creciente número de operaciones complejas en los procesos. La temprana detección de fallas en los sensores y/o actuadores (y otras fallas en la operación del proceso) y un sistema efectivo para coordinar e implantar acciones correctivas rápidas, son indispensables si debe cumplirse

con las tendencias de regulación ambiental y seguridad, sin arriesgar la viabilidad económica del proyecto.

De acuerdo con lo anterior y dada característica unitaria de la mayoría de los procesos, es claro que en la actualidad es necesaria la perspectiva sistémica de la instrumentación aplicada a la medición y control de procesos, misma que se logra con la implantación de sistemas de comunicaciones. Esto es todavía más evidente en el caso de las plataformas marinas, donde la dispersión física de las instalaciones hace indispensable incorporar este concepto de las comunicaciones.

### *1.5 Importancia y beneficios de la automatización.*

**Objetivo.** *El alumno comprenderá la importancia y beneficios que se logran con la automatización de los procesos industriales, en particular, lo que se refiere a procesos de producción petrolera en plataformas marinas.*

La automatización de los procesos industriales constituye una herramienta que permite **mejorar la productividad de los procesos**, entendiendo esta como la capacidad de producir con eficiencia, y la **calidad de los productos**. La industria petrolera nacional demanda el desarrollo de estrategias de modernización de su planta productiva y la optimización de los procesos que en ella se realizan, para competir en calidad y precio en los mercados internacionales. La automatización integral de las instalaciones de manejo y distribución de gas y aceite garantiza la operación exitosa, la disminución de los costos de producción y de integración. El sistema de automatización integral establece la arquitectura de los sistemas de control para la supervisión y control de los procesos, estableciéndose lineamientos tecnológicos estándares que son tendencia en el ámbito internacional.

El **sistema de automatización integral** pone especial énfasis en la vanguardia tecnológica disponible en el mercado; así como en las tendencias actuales y futuras de los sistemas de control, instrumentación, redes informáticas y herramientas de software, teniendo como propósito fundamental proponer la arquitectura más apropiada y estandarizar la conectividad de los sistemas digitales de supervisión y control que se sugieren implantar en cada una de las instalaciones de manejo y distribución de gas y aceite, considerando el uso de la infraestructura existente en el área de sistemas de medición, adquisición de datos y los proyectos de automatización en desarrollo.

La incorporación de este tipo de sistemas permite la adquisición confiable y oportuna de la información generada en los procesos, a través de los sistemas de supervisión y control de cada una de las instalaciones; coadyuvando de forma significativa a elevar y mantener altos niveles de seguridad operacional y protección ambiental, minimizando costos de operación y mantenimiento, y creando un sistema de soporte para la toma de decisiones en tiempo real, entre otros aspectos.

Es importante señalar que el Sistema de automatización integral tiene como **objetivos** principales:

1. Analizar los proyectos de automatización en plataformas marinas, que incluyen sistemas de control y supervisión, tanto de proceso como de seguridad y sistemas de medición, y proponer la arquitectura del sistema integral de control y supervisión, en base a los requerimientos específicos de las instalaciones petroleras, específicamente, de plataformas marinas.
2. Establecer estándares tecnológicos en lo referente a equipos de control, instrumentación, herramientas de software y protocolos de comunicación acorde a normas establecidas internacionalmente dentro de la vanguardia tecnológica.
3. Estandarizar y garantizar la integración de los sistemas de control y supervisión que se proponen implantar en cada una de las instalaciones de manejo y distribución de gas y aceite en plataformas marinas.
4. Considerar la infraestructura existente de equipos de control y supervisión, medición, y los proyectos de automatización actualmente en desarrollo para aprovechar al máximo estos recursos.

Los **beneficios** del Sistema de automatización integral, son los siguientes:

1. Proporcionar una visión clara del alcance de la automatización, permitiendo establecer prioridades en base a requerimientos operativos y disponibilidad de recursos económicos.
2. Garantizar la compatibilidad e intercambio de información de los sistemas de control y supervisión con la infraestructura existente y en desarrollo, a través de lineamientos tecnológicos estándar.
3. Implantar la automatización en las instalaciones de manejo y distribución de gas y aceite de forma flexible.
4. Abatir de forma significativa gastos por concepto de reingeniería o integración.
5. Reducción de los costos de operación y mantenimiento.
6. Optimización del manejo y distribución de los hidrocarburos.
7. Disminución del deterioro ecológico.
8. Maximizar la seguridad operacional.
9. Implantación de instrumentación con tecnología de vanguardia.
10. Adquisición confiable y oportuna de información de proceso en tiempo real.
11. Integración de la información generada en todas las instalaciones de producción en un solo punto.
12. Toma de decisiones con base en información de proceso en tiempo real
13. Optimización de la planeación y toma de decisiones a nivel gerencial.
14. Implantación de tecnología de vanguardia probada en el área de control de procesos.

Normalmente la organización empresarial ha ubicado las diferentes actividades productivas como autónomas e independientes, conformando diversas áreas de

trabajo como planeación, producción, ingeniería, mantenimiento, comercialización, etc., las cuales, en ocasiones trabajan en forma aislada con información propia y con poca coordinación entre las mismas; la **integración de sistemas de información** con los **sistemas de control y adquisición de datos** hace posible obtener una comunicación permanente, oportuna y confiable entre las áreas mencionadas.

El desarrollo de los sistemas digitales y computacionales ha facilitado la adquisición de datos y el procesamiento de información que es presentada al operador en pantallas de vídeo para interactuar con el proceso como lo hacen los sistemas de control en la actualidad. Los sistemas de control tienen la capacidad de generar reportes, alarmas, obtener estadísticas; pero en adición pueden contribuir en gran medida a conocer costos y eficiencias por líneas de producción. Adicionalmente permiten el control de almacén de patio y terminados, se tiene información de la operación de los equipos de la planta, como son: arranques y paros. Se puede programar su mantenimiento. Se verifican materiales en almacén o incluso se hacen las requisiciones de piezas de repuesto. Se tiene la supervisión y el control total de los energéticos. Se conoce cuanto se produce, cuanto se envía y cuanto se recibe. Se puede optimizar el uso de energía en función del programa de producción. Se mide y controla la contaminación de aire y agua. Se vigila la calidad de los productos en diferentes fases del proceso. Se llevan expedientes y estadísticas. Se puede estar seguro de cumplir en tiempo, costo y calidad con los compromisos establecidos con el cliente o con las políticas propias empresa. .

Es importante que el sistema de control desde su concepción, especificaciones e ingeniería; considere una filosofía de integración de sistemas como una solución total, en donde todas las áreas relacionadas con la planta productiva estén integradas.

La automatización no implica que se va a incrementar el volumen de producción de hidrocarburos; su justificación se basa principalmente en elementos intangibles analizados desde el punto de vista económico, los cuales contribuyen a:  
Manejar y distribuir con eficiencia la producción,

Optimizar las operaciones de proceso, a través de:

1. cierre de instalaciones de forma remota,
2. detección en tiempo real de problemas en líneas por alta presión o presencia de fugas,
3. incrementar la seguridad operacional y la protección al medio ambiente,
4. integración en tiempo real de condiciones de operación de proceso,
5. realizar el balance de producción de hidrocarburos en tiempo real,
6. abatir pérdidas por producción diferida como consecuencia de afectaciones de tipo social en instalaciones de producción o paros no programados en estaciones de compresión,

Proporcionar información veraz y oportuna para análisis y optimización de los procesos.

Mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

Constituir una plataforma para la toma de decisiones en base a la información de proceso en tiempo real, permitiendo llevar a cabo una evaluación y planeación del manejo de la producción en forma óptima.

### 1.6 Estructura de un sistema de automatización integral.

**Objetivo.** *El estudiante aprenderá la organización jerárquica de la automatización integral, los conceptos de niveles de automatización y la relación de éstos con los elementos físicos, con base en los cuales se estructuran los modernos sistemas de control y automatización. En la presentación de esta estructura jerarquizada se hace énfasis en los diversos dispositivos y protocolos de comunicación que hacen posible la automatización integral.*

Es importante antes de hacer referencia a la arquitectura propuesta para integrar la automatización de las instalaciones de producción de las plataformas marinas, explicar la base sobre la cual se desarrolla la automatización de cualquier proceso; denominada "**Pirámide de Automatización**". Con ella se podrá entender de una mejor forma el concepto relacionado con la automatización de la planta productiva. En el caso de la automatización de plataformas marinas es conveniente relacionar esta estructura jerárquica con otras similares enfocadas a la organización de las funciones de seguridad y protección:

#### Pirámide de automatización y funciones de seguridad.

En la actualidad las instalaciones de manejo y distribución de gas y aceite de las plataformas marinas, requieren asegurar una mayor eficiencia de sus recursos para mejorar la productividad y el control de calidad de sus hidrocarburos. Lo anterior se puede lograr mediante la implantación de sistemas de automatización integrales que permitan el intercambio de información desde el piso de la planta (proceso) pasando por los diferentes niveles de la "Pirámide de Automatización", hasta llegar a la cúspide, que es la toma de decisiones, ver figura 2.1.

El primer nivel denominado "**Proceso o Nivel de Piso de Planta**", es el que cuenta como infraestructura con todos los elementos de campo, como son: transmisores, registradores de presión, flujo, etc.; de los cuales se obtiene la información a procesar; además de los elementos finales de control, que permiten realizar acciones de control, como es el caso de las válvulas entre otros dispositivos. En este mismo nivel se encuentra la maquinaria y equipo de proceso como son por ejemplo los centros de control de motores (CCM's).

El segundo nivel se denomina "**Estación**". En este nivel se localizan los equipos de control "inteligentes" como lo son los Controladores Lógicos Programables (PLC's) o Sistemas de Control Distribuidos (SCD's). En este nivel se lleva a cabo

la estrategia primaria de control, y es aquí donde se procesa la información recogida del primer nivel de la pirámide, como un primer paso básico y local. En este nivel se ubican los responsables de estación.

En el tercer nivel denominado “**Supervisión**”, se tienen equipos de cómputo que operan herramientas de software, para la integración de la información ya procesada por los niveles anteriores, además de hacer las veces de interfaz con el operador y manejar aspectos funcionales tales como: manejo de información en gráficos de tendencia en tiempo real e históricos, reporte de alarmas y eventos, control estadístico de proceso, importación/exportación de archivos, etc. En este nivel se ubican los coordinadores o jefes de operación responsables del control de los procesos.

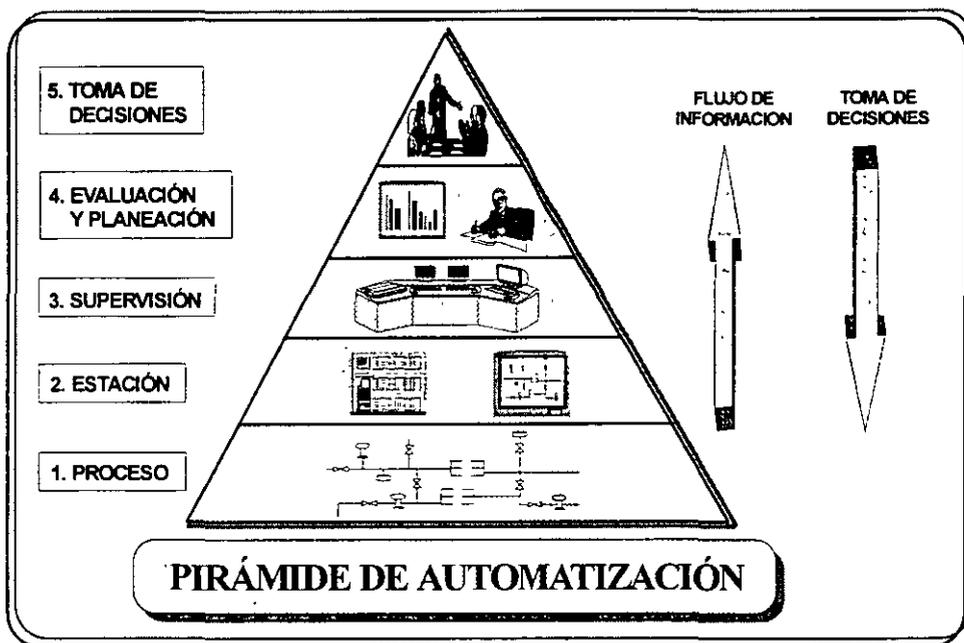


FIG. 2.1 PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN

El cuarto nivel denominado “**Evaluación y Planeación**”, tiene la responsabilidad del control de la producción todavía ligado íntimamente con el proceso, manejado a través de computadoras; por medio de las cuales se hace un manejo más elevado de los procesos, encaminada hacia la evaluación y planeación. En este nivel se ubican los asesores y se generan reportes consolidados de producción.

El quinto nivel denominado “**Toma de Decisiones**”, tiene la responsabilidad de la planeación de la producción desde niveles gerenciales, mismos que toman decisiones a partir de las necesidades de producción, inventarios y demanda actual del producto.

Un aspecto que es importante resaltar, es el hecho de que el **flujo de información es filtrado de acuerdo con los requerimientos de cada uno de los niveles** de la pirámide de automatización; mientras que la toma de decisiones se encuentra en los niveles superiores.

Por otro lado, para garantizar el flujo real de información entre los diferentes niveles de la "Pirámide de Automatización", es importante que la infraestructura de automatización (hardware y software), sea implantada mediante un marco normativo, que regule y estandarice sus especificaciones técnicas particulares.

Es importante remarcar que los niveles de la pirámide de automatización están constituidos por equipos, sistemas y herramientas de software que cumplen con las características de los sistemas de arquitectura abierta, que son: la portabilidad e interoperabilidad, definidos en las diferentes capas del modelo OSI (Open System Interconnection) de la International Standard Organization (ISO).

## *1.6 Equipo de control de seguridad y proceso*

A continuación se presentan los principales componentes de control y seguridad que participan, en el nivel de estación, en el esquema de automatización integral. Se trata de dispositivos digitales que efectúan tareas de control y automatización, por lo que se les denomina controladores. En la actualidad, los equipos de control se desempeñan bajo la filosofía de distribuir, física y funcionalmente, las operaciones de control y supervisión de un proceso, entre diferentes unidades electrónicas inteligentes y autónomas. Esta filosofía se denomina "control distribuido" y tiene la ventaja de que el control y supervisión no depende exclusivamente de un solo dispositivo, de tal forma que si alguno de ellos falla, el proceso solo se afecta en una parte y no en todo su contexto.

Existen tres tipos de tecnologías de "control distribuido", mismas que son empleadas de acuerdo con la aplicación específica:

**Sistemas de Control Distribuido (SCD).** Consiste en diversos componentes de hardware y software, que desarrollan diversas tareas y servicios, y que son propuestos por un fabricante para la automatización integral de una planta. Abarca la instrumentación, el control del proceso, la supervisión local, la administración de la información, el control de la calidad y el mantenimiento.

**Controladores Lógicos Programables (PLC).** Un PLC es un dispositivo electrónico basado en microprocesador, el cual, con el empleo de un programa configurado por el usuario, puede realizar funciones binarias, analógicas, secuenciales, aritméticas, de tiempo y de conteo para controlar diferentes tipos de máquinas o procesos, por medio de módulos de entradas/salidas binarias o digitales y analógicas, según sea requerido. Esta tecnología se complementa con

las herramientas de hardware y software existentes en el mercado para realizar funciones similares a las de un SCD.

**Control Supervisorio y Adquisición de Datos ( SCADA ).** Muchos sistemas de control existentes en la industria caen dentro del término SCADA (Sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos) también conocidos como Redes de Supervisión y Monitoreo, los cuales comprenden las funciones de adquisición de datos, monitoreo, control, procesamiento y presentación de la información. Los sistemas SCADA constan de una computadora maestra que están en comunicación permanente con un grupo de Unidades Terminales Remotas (UTR's), con un lenguaje en común y utilizando un esquema de comunicación Maestro-Esclavo. El conjunto de estas unidades forman un sistema de redes en operación automática, el cual se encarga de mantener el sistema en un punto de operación óptimo, requiriendo para ello, datos de toda la red. Actualmente las RTU's son inteligentes, multifunciones, y de bajo consumo de corriente, equivalentes a un PLC. Pueden operar en lugares remotos, alimentadas por celdas solares. Por sus características de aplicación estos sistemas pueden considerarse del nivel de supervisión en la pirámide de automatización; sin embargo, de origen, mantienen una gran cercanía con las funciones del nivel de estación.

Para automatizar un proceso es indispensable la adecuada selección de un equipo de control; dos objetivos fundamentales que se persiguen con la automatización son reducir significativamente los costos de operación y mantenimiento, y elevar la calidad de la producción. Para la adecuada automatización de los procesos industriales, y en específico la de las instalaciones de producción de la industria petrolera, es indispensable realizar la correcta selección del equipo de control, de entre los dos grandes grupos: SCD y PLC.

Aunque la filosofía de distribuir el control fue desarrollada inicialmente por los fabricantes de equipo SCD, han sido los fabricantes de PLC's quienes han evolucionado con mejor visión sus productos, a fin de cubrir los requerimientos de control de procesos, y compartir la información que aquí se genera, con los niveles gerenciales de la empresa. Esto lo han logrado, desarrollando mejores dispositivos de E/S y sistemas de comunicación de alta velocidad, a fin de proporcionar las variables de proceso en tiempo real, y con ello coadyuvar a la toma de decisiones más adecuadas para la empresa. Asimismo, han incrementado el número de funciones en el software empleado para el control de procesos, y han adicionado la opción de comunicarse en red incluso a través de internet, simplificando la integración de los sistemas de control y proporcionando mayor poder en pequeñas unidades de hardware a un bajo costo.

También han incorporado dentro de sus capacidades, el manejo de protocolos estándar establecidos internacionalmente, como lo es el estándar IEEE 802.3 (Ethernet). Esta característica permite al usuario obtener información de su aplicación de forma fácil y segura, además de conectarse en red por medio de una

sola Interfaz Humano-Máquina con otros PLC's y dispositivos que no necesariamente son del mismo fabricante.

Los Fabricantes de SCD han reducido los costos de sus sistemas empleando una plataforma de hardware más económica, que tiene muchas de las cualidades de un PLC y tiene capacidades de control regulatorio al igual que un control distribuido, aunque con menor capacidad de manejo de entradas y salidas, pero en cambio permite tener diferentes procesadores dedicados a cada sección de la planta; a estos procesadores se les llama híbridos. Los PLC's más poderosos existentes en el mercado equiparan o superan en algunos casos las capacidades de un controlador híbrido, no obstante estos últimos cuentan con todo el soporte que brinda un sistema de control distribuido tradicional.

Otra característica a considerar en los sistemas de control es su conectividad, que implica la posibilidad de conectar y coordinar la función de controladores de diversos fabricantes, lo cual se logra si los sistemas son abiertos, **ver Anexo 2.0**. Un sistema abierto no implica exclusivamente comunicación a través de una red en forma transparente; implica también el software apegado a estándares. En particular, el estándar IEC 1131-3 se ha adoptado como un software único de programación para los PLC's. En la actualidad los fabricantes de PLC's ya ofrecen productos con apego a este estándar, que considera cinco formas de programación: lista de instrucciones, diagramas de escalera, diagramas de bloques de funciones, diagramas de función secuencial, y texto estructurado. La otra contraparte del sistema de control es la HMI, que si se apega a estándares como el OLE (Object Linking and Embedding) y el OPC (OLE for Process Control), permite un intercambio de datos simple con múltiples aplicaciones de diferentes clientes, incluyendo equipos de control en un ambiente Microsoft Windows.

Otra característica de los controladores es el manejo de módulos de entradas y salidas (E/S) distribuidas, como una opción excelente para plantas grandes, con grupos de instrumentos bastante separados entre sí; con este tipo de hardware se reduce significativamente el cableado y aprovecha las bondades de los actuales protocolos de buses de campo; el ahorro en cableado y "marshalling" puede variar del 30% al 80%, dependiendo de la cantidad de E/S involucrada.

El soporte técnico necesario para mantener en operación a los PLC's es muy amplio y el mantenimiento es más sencillo que el de los SCD, debido a que existen múltiples integradores de PLC's quienes se encargan de realizar la procura, instalación, capacitación y mantenimiento. En cambio, con respecto a los SCD, los prestadores de este tipo de servicios son los mismos fabricantes del sistema o sus representantes regionales.

En cuanto a sistemas de seguridad para aplicaciones de paro de emergencia, los PLC's tienen una gran ventaja, debido a que ofrecen sistemas de alta seguridad tolerantes a fallas de hasta triple redundancia. Los SCD's han acogido a los PLC's desarrollados específicamente para aplicaciones de seguridad, con el fin de emplearlos en el manejo de sistemas de paro de emergencia de la planta.

Actualmente, los PLC's pueden comunicarse con otros controladores, ya sea para compartir datos o funciones de control. Una red de alta velocidad con PLC's es ahora una realidad (10 Mbit/seg, y a futuro 100 Mbit/seg). Una tendencia muy significativa de estos equipos es la conectividad con redes comerciales, a nivel campo, proceso y planta. Los protocolos de comunicación que pueden llegar a soportar, son: Profibus, Hart, Modbus, Data Highway, Map y TCP/IP entre otros. El protocolo de comunicación TCP/IP, es el estándar de facto que actualmente se está estableciendo a nivel internacional, y es el que están adoptando y ofreciendo de forma comercial los diferentes fabricantes de PLC's. Por tal motivo TCP/IP, es el protocolo de comunicación que se sugiere para que los PLC's se integren a los niveles superiores de la pirámide de automatización, y con ello implantar un sistema de comunicación abierto.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSO  
CA 141**

# **INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN)**

**TEMA**

**Sistemas de control por computadora**

**EXPOSITOR: M. I. RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
PALACIO DE MINERIA  
FEBRERO DE 2003**

## **CONTROL DE PROCESOS POR COMPUTADORA**

En la actualidad la computadora se ha convertido en un instrumento indispensable en la realización de las actividades humanas, su capacidad para almacenar grandes cantidades de información, su velocidad y precisión en cálculos numéricos, su bajo costo y su versatilidad, la han convertido en un producto de gran éxito (algunas de las compañías constructoras de computadoras figuran entre las más destacadas del mundo). Su injerencia en todos los ámbitos de la actividad humana es tal, que resulta difícil mencionar alguno que no haya resentido su presencia.

La ciencia, por ejemplo, ha sido revitalizada con el surgimiento de la computadora digital y la tecnología que la respalda, abriendo nuevos campos de investigación y ayudando a profundizar en los ya existentes, este es el caso de la rama de ingeniería que se especializa en el estudio del control automático de procesos, rama que si bien tiene sus orígenes en la antigüedad, sólo recientemente se ha incorporado con notables beneficios al ámbito de la computación.

En el campo de control automático la gran versatilidad de la computadora permite desarrollar una amplia variedad de tareas, como adquirir datos del proceso para efectuar balances de materia y energía, calcula eficiencias, rendimientos y elaborar reportes con esta información. Permite asimismo, a través de diversos esquemas de aplicación, incorporarse a las tareas de control de los procesos de la planta de producción, lo cual redundará en una mayor flexibilidad en el manejo de la misma, debido a que introduce técnicas de control que no podrían ser aplicadas anteriormente empleando instrumentación analógica. Algunas de esas técnicas son compensación por 'tiempo muerto', desacoplamiento de procesos multivariables, algoritmos de control digital y control adaptable. Finalmente si consideramos además la capacidad de la computadora de simular modelos de los procesos empleando condiciones que no pueden ser aplicados físicamente, se justifica también su aplicación en el campo de la investigación.

### **ANTECEDENTES**

La idea de utilizar computadoras digitales como componentes de control surgió alrededor de 1950 (Astrom y Wittenmark), se les quiso aplicar en el control de misiles y dispositivos aeroespaciales; sin embargo, como las computadoras de ese tiempo eran demasiado grandes y consumían mucha energía, esta idea fue abandonada y se optó por desarrollar computadoras de propósito específico llamadas 'Analizadores Diferenciales Digitales (DDA)', las cuales se enfocaban exclusivamente a resolver los problemas particulares de la navegación espacial.

La aplicación de la computadora digital en el control de procesos industriales surgió a mediados de la década de los cincuenta, desde entonces, la gran mayoría de los adelantos en el control por computadora, provienen del esfuerzo puesto en superar las dificultades que surgen al controlar los procesos industriales.

El primer trabajo sobre control de procesos por computadora se remonta al año de 1956 cuando la Cia. Texaco solicita a la Cia. Aeroespacial Thomson Ramo Woolridge (TRW) un estudio de factibilidad para instalar una unidad de polimerización controlada por computadora en la refinería de Port Arthur, Texas. La unidad controlada por computadora entró en operación en marzo de 1959, la arquitectura de diseño se basó en la computadora RW-300, la cual controlaba 26 flujos, 72 temperaturas, 3 presiones y 3 composiciones.

Este proyecto de la Texaco dio inicio a la primera etapa en la historia del control por computadora. Durante esta etapa la computadora actuaba solamente como un supervisor del comportamiento de la planta, su principal función consistía en encontrar el punto óptimo de operación y adicionalmente planear la producción y generar reportes sobre la misma, (cantidad de materiales utilizados, cantidad de materiales fabricados, etc). Es característico de esta etapa la implantación de dos modos supervisorios de operación: guía del operador y control de referencia. En el modo guía operador la computadora imprimía mensajes al operador indicándole las acciones a tomar; por otra parte, en el modo control de referencia, la computadora ajustaba los puntos de operación de los reguladores analógicos.

A partir de la fecha en que exitosamente se concluyó el proyecto Texaco, los fabricantes de computadoras, las instituciones de investigación y la industria en general, dieron un fuerte impulso al desarrollo de estos sistemas; varios estudios de factibilidad fueron iniciados y para 1962 el número de computadoras aplicadas al control de procesos había aumentado y llegaba a ser de 100.

Ya se ha mencionado que las primeras instalaciones con control por computadora se implantaban con dos modos de operación en un esquema llamado "supervisorio"; sin embargo, en ambos modos se continuaban empleando instrumentos analógicos para el control. En la figura A4.1 se muestra un esquema del control supervisorio.

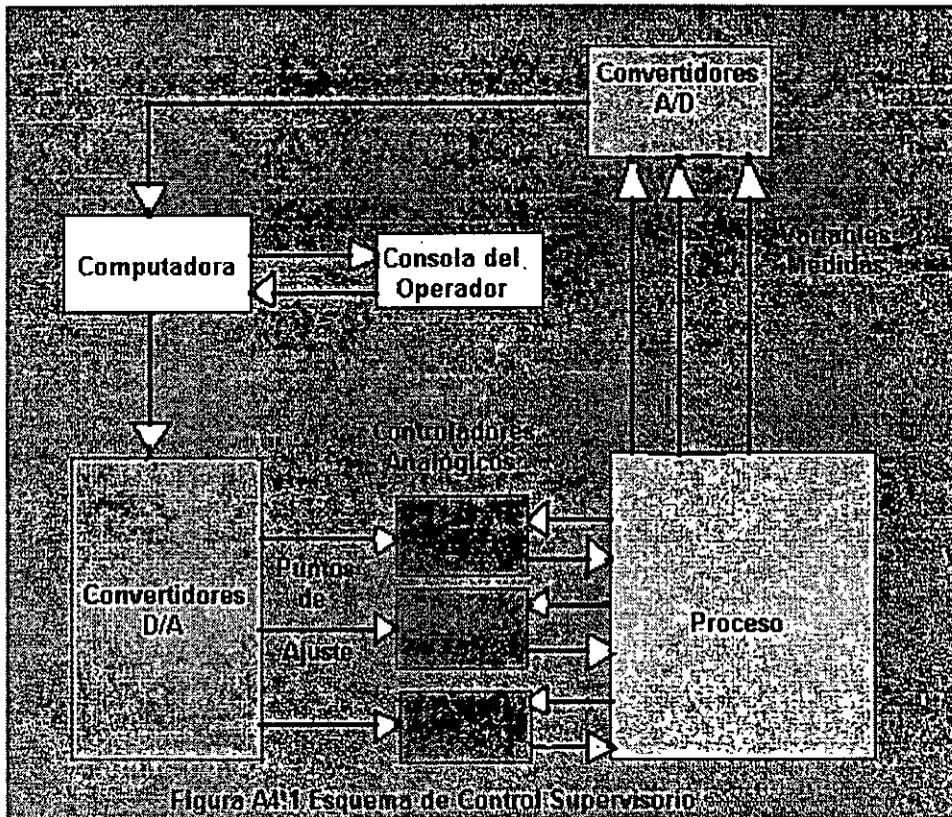
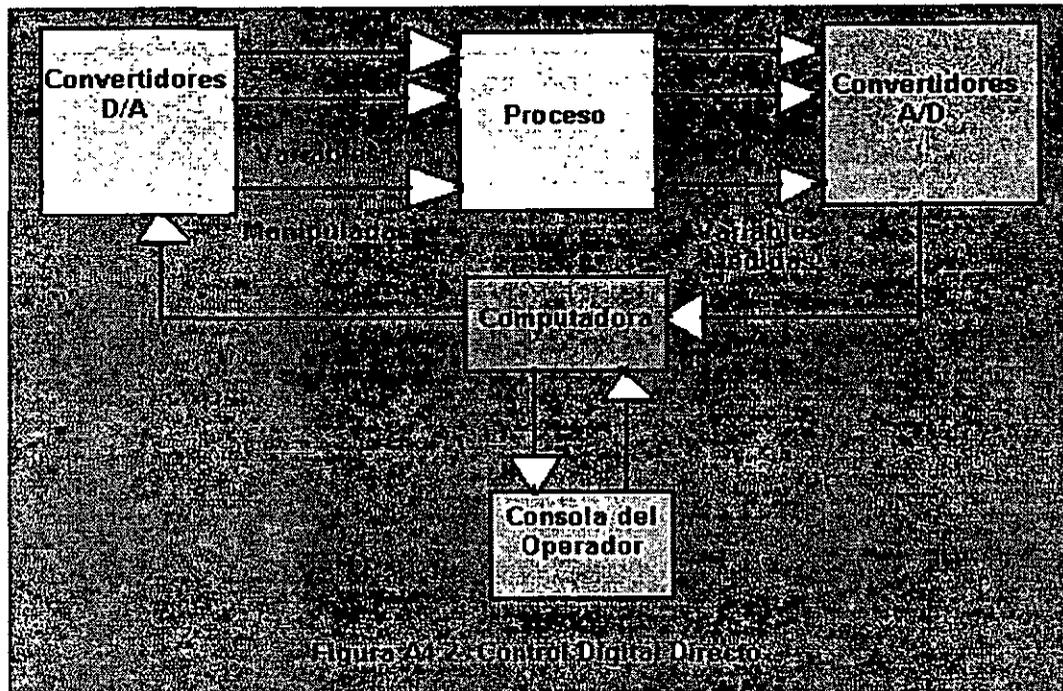


Figura A4.1 Esquema de Control Supervisorio

En este esquema se emplea una computadora digital, pero ésta no actúa directamente sobre el proceso, sino que sólo calcula puntos de ajuste de controladores o apertura y cierre de contactos. El principio de operación del esquema es muy simple, pues consiste en generar una secuencia de acciones y procedimientos de la computadora para el ajuste adecuado de los controladores automáticos.

Durante la etapa "pionera" se adquirió la experiencia necesaria para impulsar otras formas de aplicación y como resultado de esto surgió en Inglaterra un proyecto que revolucionó la forma de aplicar las computadoras al control. En el año de 1962 la compañía Imperial Chemical Industries (ICI) cambió todos sus instrumentos de control analógicos por una computadora digital Ferranti Argus para efectuar las funciones de la instrumentación reemplazada: medir 224 variables y controlar 129 válvulas. Lo más impactante de este proyecto fue el hecho de que la medición y el control se hacían directamente con la computadora, la cual pasó a formar parte del lazo de control. Este cambio no tuvo precedente y fue el inicio de la segunda etapa del desarrollo del control por computadora, la del control digital directo (DDC), la figura A4.2 ilustra este esquema.



En este esquema de control se emplea una computadora digital en lugar de los controladores automáticos para el control de las variables del proceso. Una computadora puede reemplazar a varios controladores automáticos (pudiendo ser cientos de estos en algunos casos), la computadora en este caso lleva a cabo las funciones de los controladores, esto es, las acciones de control son generadas por la computadora y las señales de referencia pueden ser alimentadas desde el exterior o se pueden generar internamente por la computadora.

La ventaja más importante que introdujo la sustitución de la tecnología analógica por digital fue la flexibilidad. En la tecnología analógica el costo depende del número de lazos de control, mientras que en los sistemas DDC el costo por lazos de control adicionales es mínimo, y no obstante que la inversión inicial es más fuerte, finalmente resultan de menor costo. Por lo que corresponde a la flexibilidad, ésta es mayor en los sistemas DDC, ya que los cambios en los lazos de control realizados con equipo analógico se hacían realambrando, mientras que en los sistemas digitales los cambios se efectuaban programando.

El surgimiento de los sistemas DDC ha sido el avance más importante en la historia del control por computadora, en donde el factor que impulsó y motivó la implantación de estos sistemas fue la creciente superioridad de las computadoras, pues su confiabilidad y velocidad aumentaron tanto, que hicieron posible dejar a las máquinas la total responsabilidad del control de la planta.

Posteriormente, dos acontecimientos relacionados con el desarrollo de la tecnología digital han influido determinante en el avance del control por computadora. El primero de estos ocurrió a mediados de los años sesenta, con la aparición de las "minicomputadoras", las cuales por su potencia y reducidas dimensiones eran adecuadas para dar solución a problemas de control de mediana magnitud y por su menor costo eran accesibles aún para proyectos de bajo presupuesto. La microcomputadora fue el segundo de los acontecimientos mencionados y su aparición en 1972 significó otro gran impulso en esta disciplina, ya que si bien las minicomputadoras eran pequeñas, no lo eran suficientemente para la mayoría de los pequeños problemas de control, los cuales demandaban soluciones de bajo costo y dimensiones en el equipo empleado. Con el nacimiento de las microcomputadoras un gran número de estos problemas tuvieron solución, incluso aquellos que únicamente consistían de un sencillo lazo de control.

La importancia de estos últimos sucesos en la historia del control por computadora es mayúscula, si se considera que en 1965 a 3 años de advenimiento de los sistemas DDC, el número de computadoras empleadas en el control de procesos era alrededor de 1000 y para 1975, después de la aparición de las mini y microcomputadoras el número aumentó a 100,000.

## CONTROL POR COMPUTADORA EN LA ACTUALIDAD

El control de procesos por computadora puede conceptualizarse como la técnica en la que se utilizan computadoras digitales para llevar a cabo el control de un proceso completo, así como el equipo asociado y los procedimientos de operación, con la finalidad de alcanzar metas u objetivos económicos y de desempeño. A diferencia del control convencional de un solo lazo, en el que se utilizan controladores y reguladores individuales para controlar las variables del proceso, el control de procesos por computadora es mucho más amplio y las funciones son de mayor complejidad, entre las cuales se pueden incluir monitoreo y procesamiento de información, procedimientos de puesta en marcha y paro, así como llevar a cabo control óptimo para maximizar los beneficios.

El perfeccionamiento de la técnica de integración de circuitos a muy grande escala (VLSI) ha permitido la fabricación de microprocesadores muy baratos y poderosos, con esto, las microcomputadoras están al alcance de cualquier proyecto de control, siendo posible, además, realizar algoritmos de control más sofisticados. Es común la sustitución de equipo analógico por sistemas DDC basados en microprocesadores y también se ha desarrollado el control de plantas, con un gran número de variables, por medio de las llamadas "redes de control distribuido", las cuales emplean una minicomputadora para coordinar un conjunto de microcomputadoras que efectúan el control directo del proceso y que para tal efecto se encuentran distribuidas física y funcionalmente en toda la extensión de la planta.

Finalmente, a manera de referencia, podemos enunciar algunas de las principales ventajas que desde nuestro punto de vista presenta el control digital.

1. La tecnología digital tiene un bajo costo.
2. El consumo de potencia es bajo.
3. El uso de señales digitales codificadas, presenta las ventajas de que pueden ser almacenadas por un tiempo indefinido, además de que pueden ser transmitidas con mayor confiabilidad mediante el uso de los códigos de protección existentes.
4. Con el uso del control digital se logra un mejor funcionamiento que con tecnología analógica.
5. En telemetría se requiere un solo canal de comunicación para varios sistemas de control, multiplexando las señales.
6. Se pueden realizar simulaciones con modelos matemáticos que en la tecnología analógica no es posible.
7. La velocidad de cálculo de las computadoras hace posible el llevar a cabo cálculos rápidos, de esta manera puede lograrse el control óptimo del proceso global.
8. La capacidad de almacenamiento combinada con la velocidad de cálculo, permite llevar a cabo el registro y procesamiento de información del sistema de control de manera económica y eficiente.
9. Facilidad en la toma de decisiones.
10. Releva al operador de funciones rutinarias como el monitoreo de variables fuera de rango, permitiéndole la implantación de procedimientos de operación y diagnóstico consistentes, rápidos y confiables para la adecuada operación del proceso.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSO  
CA 141**

# **INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN)**

## **TEMA**

**Introducción a la automatización de procesos  
empleando controladores lógicos  
programables (PLC)**

**EXPOSITOR: M . I ANTONIO SALVÁ CALLEJA  
PALACIO DE MINERÍA  
FEBRERO DE 2003**

## INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales, para fines de su control y/o monitoreo, pueden subdividirse en varios subprocesos individuales que tienen asociados a ellos variables físicas tales como: temperatura, presión, nivel. Cada subproceso individual es típicamente controlado mediante un sistema de lazo cerrado, analógico o digital.

En la práctica los diversos subprocesos requieren de un arbitraje lógico que regule secuencias de eventos entre ellos, un ejemplo, de esta clase de secuencias es: una bomba que suministre un reactivo, que ha de combinarse químicamente con otra sustancia en una autoclave. Esta bomba, deberá funcionar sólo por un tiempo determinado y a condición de que el otro reactivo ya se encuentre presente a una determinada temperatura; tanto la temperatura como el nivel requeridos son controladas individualmente por sendos lazos.

Se intuye la necesidad de una instancia de control que podría ser una compuerta lógica AND combinada con un temporizador; las entradas de la compuerta serían variables booleanas cuyo estado testificaría simplemente si la temperatura es adecuada o no y si el nivel de la segunda sustancia en la autoclave es conveniente o no; la salida de la compuerta podría disparar a un sistema de temporización que mantuviera en operación la bomba de suministro del primer reactivo el tiempo requerido.

El arbitraje lógico mencionado en el párrafo anterior es denominado *control lógico o secuencial* y para llevarlo a cabo se requiere de lo siguiente:

- 1.- Sensores booleanos de diversas condiciones de proceso, que testifiquen el que variables asociadas con los diversos subprocesos locales se encuentren o no en un determinado rango.
- 2.- Sistema lógico, conformado típicamente por compuertas lógicas, flip-flops, temporizadores, etc que procesa las señales proporcionadas por los sensores booleanos.
- 3.- Actuadores lógicos cuyas entradas son a su vez salidas del sistema lógico mencionado en el párrafo anterior.

Por lo anterior, en la industria es muy frecuente la necesidad de llevar a cabo el control secuencial, de eventos relacionados con bloques funcionales asociados a un determinado proceso productivo, ejemplos de esto pueden apreciarse en la industrias automotriz, de alimentos y petroquímica solo por mencionar algunas.

Hasta la década de los setentas el sistema lógico asociado, con un sistema de control secuencial, era realizado por elementos físicos fijos, que realizaban las compuertas requeridas mediante relevadores o compuertas electrónicas que se interconectaban físicamente de acuerdo con lo que un determinado proceso requiriera en un momento dado. En caso de que hubiera que hacer modificaciones al sistema lógico había que realambriar o incluso rehacer completamente el hardware requerido, esto consumía mucho tiempo y dinero; en la figura I.1 se muestra un esquema posible de alambrado para la situación de control lógico mencionada en el primer párrafo.

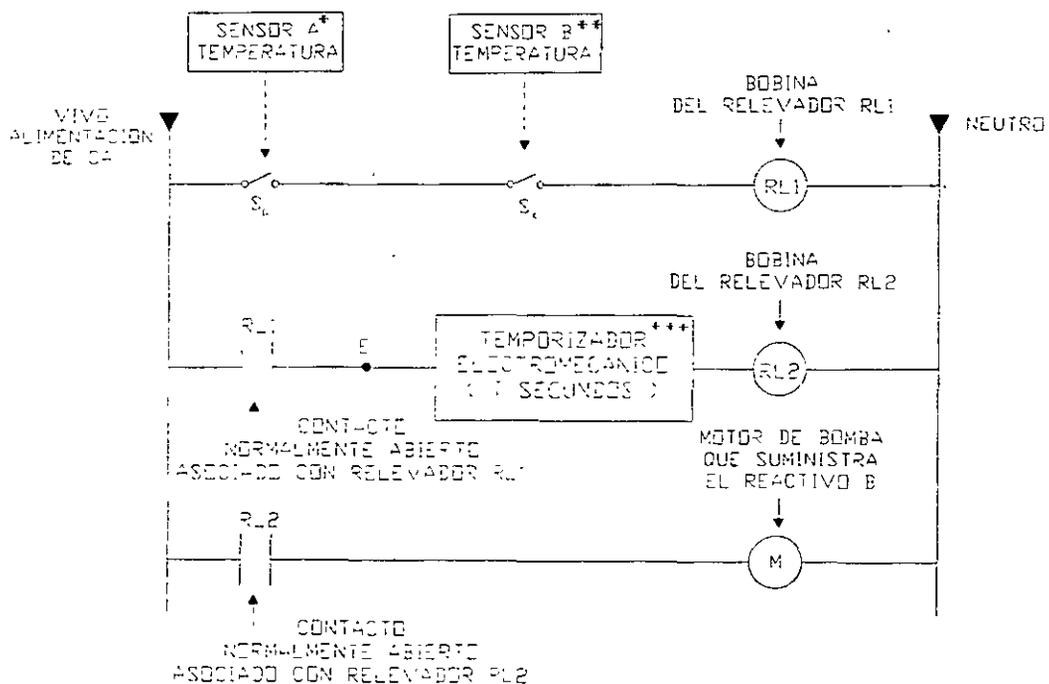


Figura I.1.- Esquema de alambrado de la situación de control lógico que requiere que una bomba suministre un reactivo B, a una autoclave por un tiempo T, sólo si el otro reactivo, denominado A ya se encuentre presente con una temperatura T<sub>b</sub>.

\* El sensor A cierra el interruptor  $s_a$  cuando la temperatura del reactivo A, presente en la autoclave, está comprendida entre  $T_1$  y  $T_2$ , se supone que la temperatura requerida está comprendida en ese rango.

\*\* El sensor B cierra el interruptor  $s_b$  cuando el reactivo A se encuentre presente en la autoclave con el volumen requerido.

\*\*\* El temporizador electromecánico energiza la bobina del relevador  $rl_2$ , por un tiempo  $T$ , cuando en su entrada (E) pasa el potencial del vivo del suministro eléctrico.

En la industria, a un esquema como el mostrado en la figura anterior, se le llama *diagrama de escalera* dada la obvia similitud visual.

Otra manera de realizar la situación de control de la figura I.1 sería empleando componentes electrónicos integrados, esto se muestra en la figura I.2.

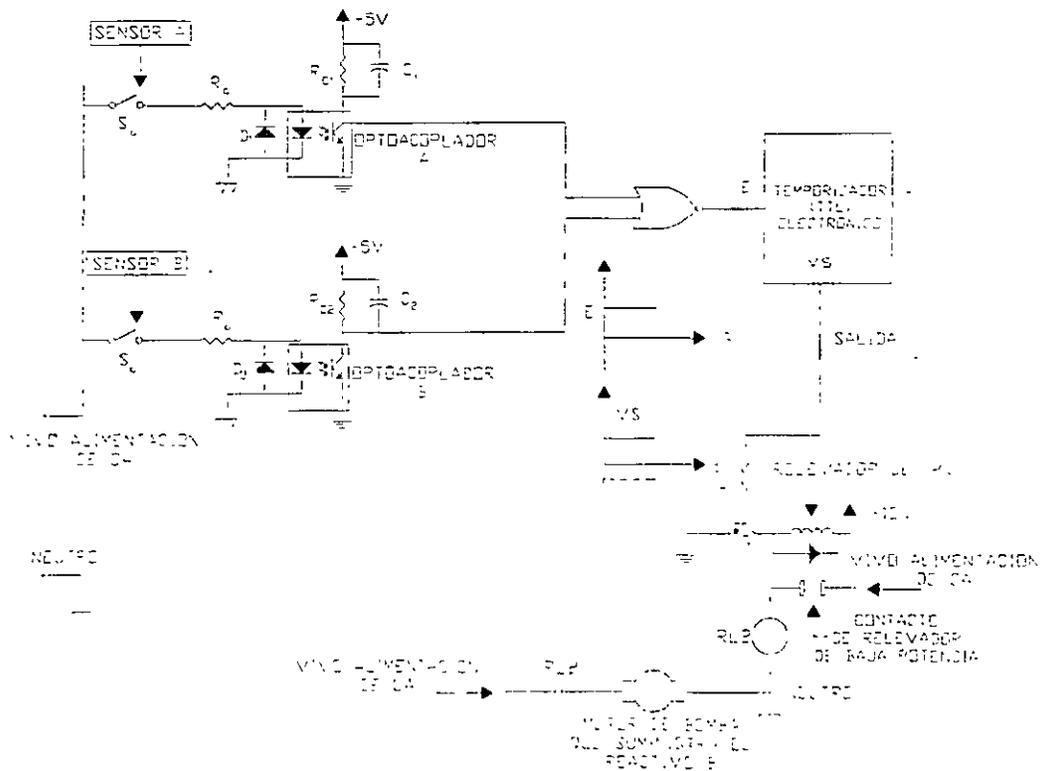


Figura I.2.- Esquema que realiza la situación de control de la figura I.1, empleando componentes electrónicos.

En la figura anterior se aprecia que a diferencia del esquema de la figura I.1 la lógica requerida es efectuada a un nivel de baja potencia y las componentes físicas involucradas ocupan menos espacio, aunque se sigue teniendo el problema de realambrado cuando hubiera que hacer cambios en la lógica de control.

Otra forma de resolver el problema sería substituir la electrónica TTL por una computadora monotablilla que tuviera un puerto de entrada y un puerto de salida, la ventaja de esta solución sería que hacer cambios en la lógica de control, implicaría sólo cambiar el programa que se ejecuta en la computadora monotablilla, sin que sea necesario hacer modificaciones al hardware. En la figura I.3 se muestra como se realizaría esta solución.

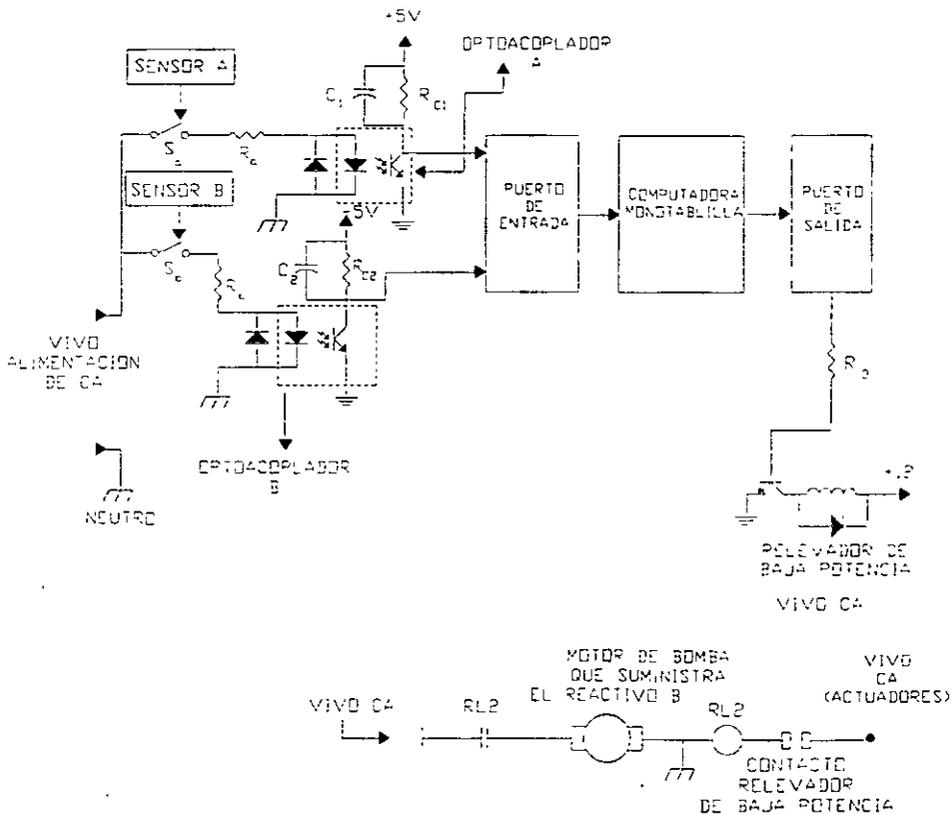


Figura I.3.- Solución a la situación de control lógico de la figura I.1 empleando una computadora monotablilla.

En las tres soluciones presentadas se destaca el hecho de que tanto los sensores como los actuadores requeridos no cambian; sin embargo, cabe señalar que frecuentemente en la práctica los niveles lógicos empleados, tanto para las entradas que reciben las señales de los sensores como para las salidas que disparan los actuadores, son 24 Volts para el uno lógico y cero Volts para el cero lógico.

En campo, el número de variables de entrada y salida requeridas en un momento dado, es mayor que las implicadas en el sencillo ejemplo discutido aquí, aunque es fácil ver que tal requerimiento puede ser solventado por cualquier computadora monotaquilla basada en algún microcontrolador o microprocesador comercial.

Por lo anterior puede pensarse en un sistema genérico para control lógico que contuviera un optoacoplador por cada entrada booleana y sendos relevadores de baja potencia por cada salida booleana, ligado todo esto con una computadora monotaquilla que ejecutara un programa que validara el control lógico requerido para un proceso dado; tal sistema genérico deberá presentar, para que el usuario tenga acceso a las entradas y salidas, lo siguiente:

N terminales de entrada para conectar sensores booleanos.

Una terminal de entrada para el neutro de la alimentación de C.A., o bien el negativo de la fuente de 24 volts

M terminales de salida asociadas cada una con uno de los contactos del relevador de salida correspondiente y una terminal del lado de las salidas para conexión del vivo de la línea de C.A., o la terminal positiva de la fuente de 24 volts; el uso de el suministro de alterna o la fuente de directa dependerá de si el uno lógico, tanto para sensores como para actuadores es verificado con 24 volts o con 120 Volts de C.A.

En la figura I.4 se muestra un esquema a bloques simplificado de un sistema genérico para control lógico basado en una computadora monotaquilla.

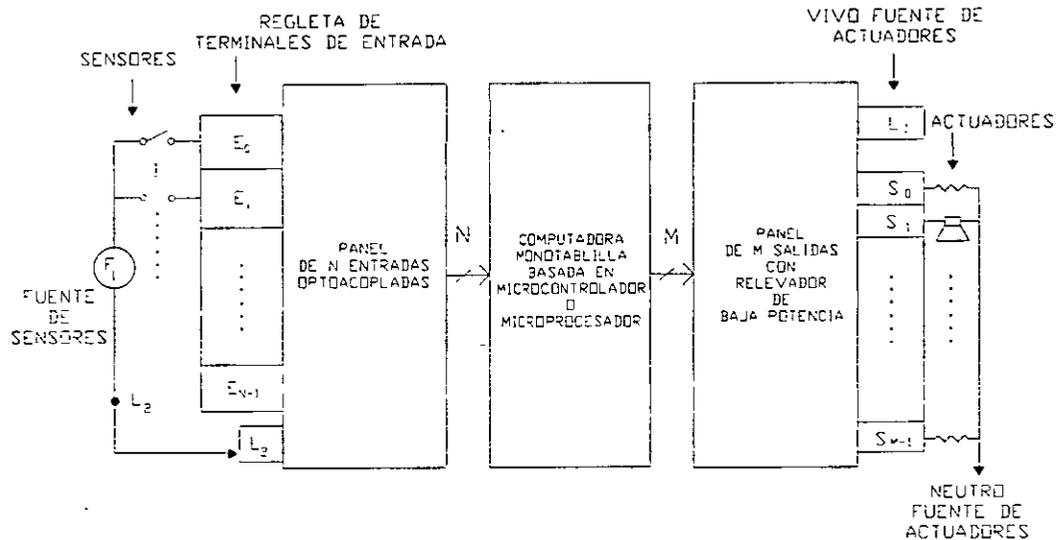


Figura I.4.- Sistema genérico para control lógico basado en una computadora monotabllilla

Aún cuando el sistema genérico de control lógico mencionado en el párrafo anterior, presenta muchas ventajas respecto a las soluciones de lógica alamburada, todavía hay que considerar que requiere además de un programador experto que domine aspectos tanto de hardware como de software relacionados con el microcontrolador o microprocesador que sea el núcleo de la computadora monotabllilla implicada.

En consecuencia, es deseable contar con un lenguaje de programación que genere código para la computadora monotabllilla, de modo que el usuario final no se las tenga que ver con detalles técnicos de la arquitectura y funcionamiento del microcontrolador correspondiente, sino solo con la manera en que debe declarar los *módulos lógicos* que su aplicación requiera en un momento dado.

Un sistema que conjunte el hardware descrito como sistema genérico de control lógico aunado con software que facilite al usuario final el desarrollo de aplicaciones es conocido en la industria como CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, (PLC por sus siglas en inglés).

Para ilustrar los conceptos básicos relacionados con la programación de **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)** en este curso se empleará un PLC prototipo denominado **PROGRAMADOR LÓGICO MODULAR (PLM)**, desarrollado por el autor en la Facultad de Ingeniería; el dispositivo desarrollado realiza bloques funcionales denominados módulos lógicos, que son usualmente requeridos en el control lógico de procesos; tales módulos manejarían entradas y salidas binarias y se implantan mediante tramos de código ejecutable por una computadora monoplata basada en el microcontrolador 68HC11F1. La programación del PLM se realiza con el auxilio de un Software de Interpretación de Instrucciones Lógicas (SIIL1), que corre en una computadora de tipo PC.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSO  
CA 141**

**INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS  
INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS  
DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN)**

**TEMA**

**Controladores Lógicos Programables**

**EXPOSITOR: M. I ANTONIO SALVÁ CALLEJA  
PALACIO DE MINERÍA  
FEBRERO DE 2003**

### 3.1 FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN CON PLC's

**Objetivo:** El estudiante asimilará y comprenderá que son los PLC y el papel que los mismos desempeñan como dispositivos clave en la automatización de procesos.

Los procesos industriales, para fines de su control y/o monitoreo, pueden subdividirse en varios subprocesos individuales que tienen asociados a ellos variables físicas tales como: temperatura, presión, nivel. Cada subproceso individual es típicamente controlado mediante un sistema de lazo cerrado, analógico o digital.

En la práctica los diversos procesos y subprocesos requieren de un arbitraje lógico que regule secuencias de eventos entre ellos, esto se conoce en la industria como **automatización o control lógico de procesos**.

Para llevar a cabo la automatización de un proceso, en la práctica se cuenta con dos bloques funcionales los cuales se denominan:

- A) CONTROL LÓGICO Y SECUENCIAL ( CLS ).
- B) CIRCUITO DE POTENCIA ( CP ).

#### BLOQUES FUNCIONALES PRESENTES EN LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS

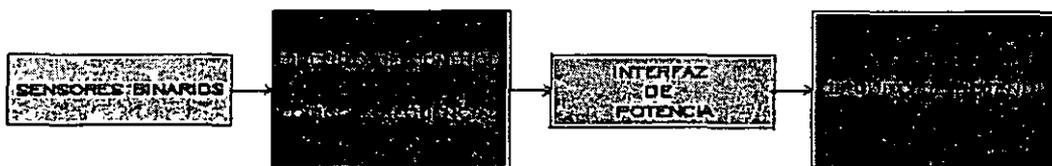


imagen asc 3.1

## CONTROL LÓGICO Y SECUENCIAL

El CLS podría estar conformado por elementos tales como: compuertas lógicas, temporizadores y secuenciadores de estado, solo por mencionar algunos en este momento.

El CLS recibe señales que son generadas por medio de los **sensores binarios**, tales señales tendrán únicamente dos estados posibles (uno lógico y cero lógico ), lo cual frecuentemente estará realizado físicamente mediante la presencia de una **tensión de activación** ( uno lógico ) o la ausencia de la misma ( cero lógico ).

**En la industria la tensión de activación puede ser 24 volts de directa, o bien 120 volts de alterna.**

De esta forma, los sensores en la práctica son interruptores mecánicos o electrónicos que conectan o desconectan la **tensión de activación** a un borne de entrada del CLS, testificando con esto algún evento tal como que el nivel del líquido contenido en un tanque ha llegado a un determinado valor, o bien que un objeto ha pasado por una banda transportadora.

En ocasiones podrán tenerse arreglos serie paralelo de los interruptores asociados con los sensores asociados con la automatización de un proceso, esto para realizar compuertas lógicas que pudiera requerir un determinado control lógico.

El enlace funcional entre la lógica del CLS y el Circuito de potencia (CP) se realiza mediante un bloque que aquí denominaremos como **interfaz de potencia (IP)**; la IP frecuentemente se realiza mediante el empleo de relevadores de baja potencia que activan elementos actuadores contenidos en el CP.

**El CLS puede realizarse físicamente de diversas formas a saber:**

- a) Mediante el conexionado de una manera adecuada de los interruptores asociados con los sensores y de los relevadores de baja potencia que integran la IP, realizándose con esto la lógica secuencial y/o combinacional que pudiera requerirse en un momento dado; a esta forma de realizar el CLS frecuentemente se le conoce como **lógica de control alambrada** o simplemente **lógica alambrada**.
- b) Mediante bloques funcionales electrónicos combinados en ocasiones con relevadores de baja potencia.
- c) Mediante el empleo de una computadora dedicada basada en microprocesador o microcontrolador con los puertos de entrada y salida requeridos y el hardware de

interfaz necesario. La realización de un CLS se hace mediante la ejecución de un programa escrito por un experto en el microcontrolador o microprocesador empleado.

- d) Mediante un elemento funcional denominado **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE** ( PLC por sus siglas en inglés ), que de hecho está basado en un microprocesador o microcontrolador, pero a diferencia de la realización del inciso anterior los PLC's cuentan con software especializado que simplifica la configuración de los mismos para la realización de un determinado CLS, asociado con el control lógico de un proceso.

### CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia por lo regular está integrado por relevadores de potencia cuyos contactos conectan o desconectan la tensión de operación asociada con diversos elementos **actuadores** tales como: válvulas solenoide, motores eléctricos o los arrancadores asociados con los mismos.

Para aclarar ideas acerca de los conceptos introducidos en los párrafos anteriores, a continuación se presenta un ejemplo; véase la imagen ase 3.2.

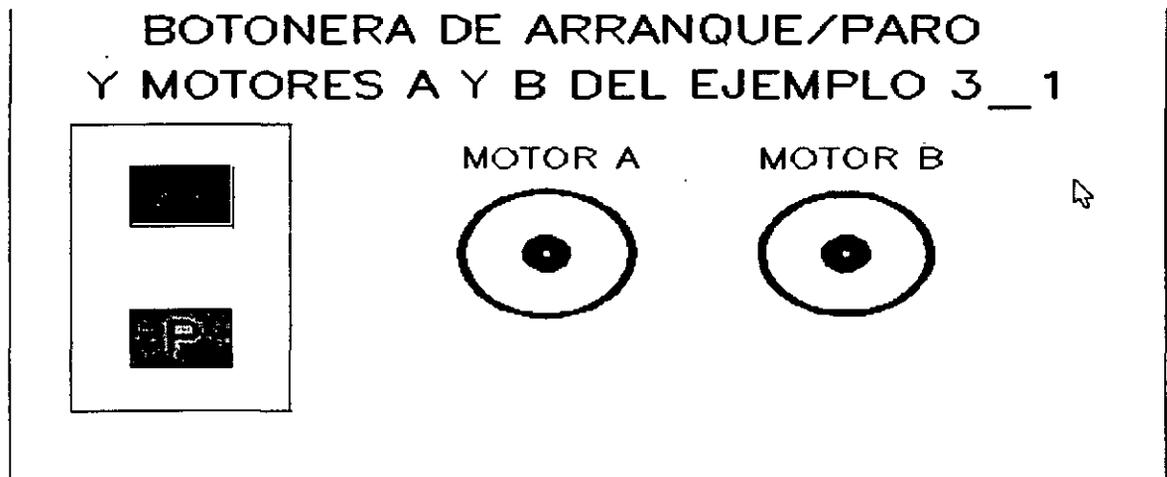


Imagen 3.2

EJEMPLO Supóngase que un proceso requiere de la operación de dos motores monofásicos de 120 Volts que aquí denominaremos como motor A y motor B; por razones del proceso es necesario que los dos motores arranquen simultáneamente, lo cual habrá de efectuarse al

oprimirse un botón de arranque; para detener los motores deberá existir un botón de paro, al oprimirse éste el motor A deberá detenerse de inmediato y el motor B lo hará tres segundos después. Por simplicidad se supone que la potencia de los motores es fraccionaria y además no se considera protección de sobrecarga.

A continuación se ilustra como se realizaría la automatización requerida por este ejemplo, mediante las cuatro formas posibles descritas anteriormente.

### REALIZACIÓN CON LÓGICA ALAMBRADA

Un esquema que ilustra la realización con lógica alambrada se muestra en la imagen asc3 3.

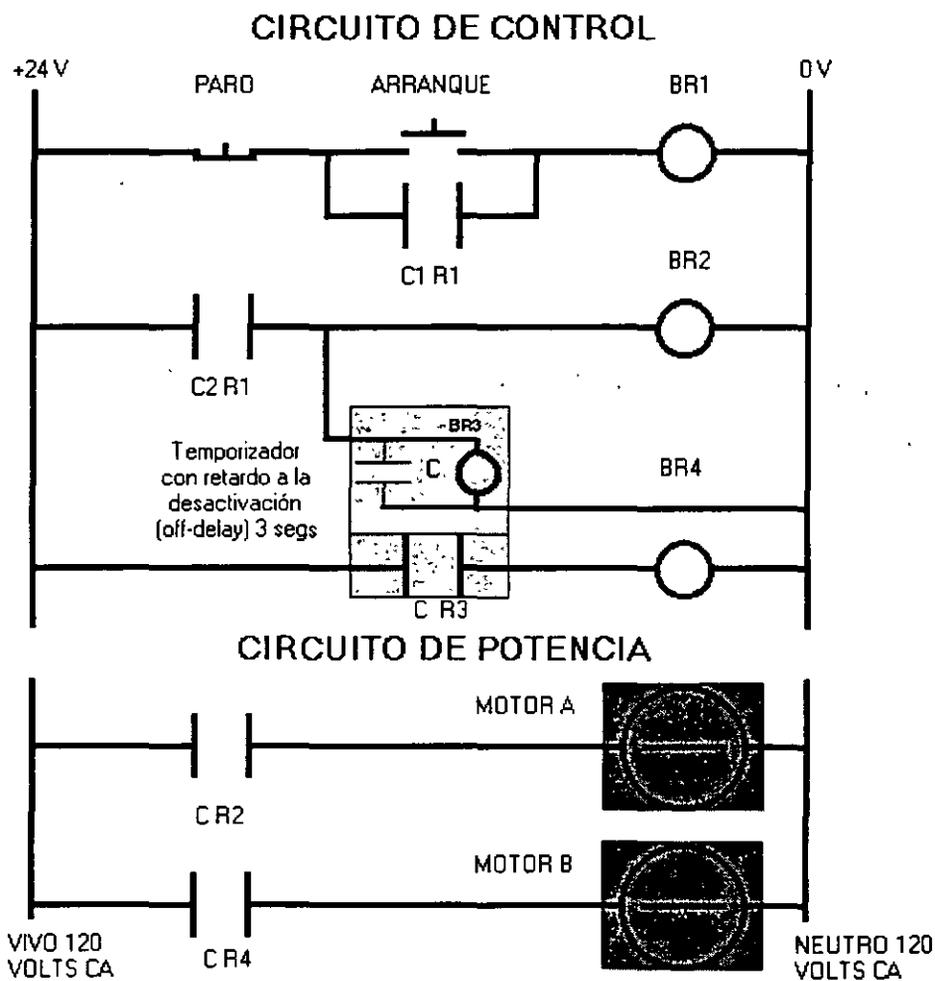


Imagen asc3 3

### Sistema Lógico de Control

En este caso el CLS está realizado mediante la interconexión de los siguientes elementos,

en un circuito denominado industrialmente diagrama de escalera:

- a) Un interruptor normalmente abierto para el botón de arranque.
- b) Un interruptor normalmente cerrado para el botón de paro.
- c) Bobina BR1 asociada con un relevador de baja potencia de dos polos un tiro que aquí denominaremos como R1.
- d) Contactos C1 R1 y C2 R1 asociados con el relevador R1.
- e) Bobina BR2 asociada con un relevador de alta corriente de un polo un tiro que aquí denominaremos como R2.
- f) Bobina BR4 asociada con un relevador de alta corriente de un polo un tiro que aquí denominaremos como R4.
- g) Un **temporizador con retardo a la desactivación ( off-delay )** integrado por el capacitor C, la bobina de un relevador de baja potencia ( BR3 ) y los contactos normalmente abiertos del mismo.

### **Interfaz de Potencia**

La interfaz de potencia para esta realización de la automatización planteada por el ejemplo está integrada por los contactos normalmente abiertos de los relevadores R2 y R4.

La secuencia de eventos asociada con el arranque y paro de los motores se describe a continuación.

### **Secuencia de arranque**

- 1.- Se oprime el botón de arranque lo cual hace que la bobina de BR1 se energice.
- 2.- Los dos contactos ( C1 R1 y C2 R1 ) del relevador uno se cierran, lográndose con esto que la bobina BR1 permanezca energizada aún cuando el botón de arranque sea soltado, además se energizan las bobinas de los relevadores R2 y R3; el capacitor C se carga a la tensión de 24 Volts.
- 3.- Dado que la bobina del relevador 3 está energizada se cierran los contactos del mismo (CR3), energizándose la bobina del relevador 4 ( BR4 ).
- 4.- Dado que las bobinas de R2 y R4 están energizadas, los contactos CR2 y CR4 estarán cerrados, originando esto que los motores A y B arranquen simultáneamente.

**Debido a que la acción de los contactos normalmente es del tipo abrir antes que cerrar los accionamientos de cierre no son instantáneos, sino que tardan tiempos del orden de 10 a 15 ms, por lo tanto, existirá una diferencia de tiempo entre el cierre de los contactos CR2 y CR4, por lo que estrictamente hablando el motor B arrancará de 10 a 15 ms después del motor A; para fines del proceso esto es despreciable.**

### **Secuencia de paro**

- 1.- Se oprime el botón de paro, esto hace que se desenergice la bobina del relevador 1 (BR1).
- 2.- Se abren los dos contactos del relevador 1, desenergizándose la bobina BR2 lo cual hace que los contactos de CR2 se abran, deteniéndose el motor A.
- 3.- El capacitor C se descarga a través de la bobina del relevador 3 (BR3), esto hace que los contactos CR3 permanezcan cerrados aproximadamente durante tres segundos después de que BR2 es desenergizada, lo cual origina que la bobina BR4 permanezca energizada todo ese tiempo, abriéndose los contactos CR4 aproximadamente tres segundos después de que lo hayan hecho los contactos CR2; por lo tanto, el motor B se detendrá tres segundos después respecto al instante en que lo hace el motor A.

**Un concepto importante a entender es que la automatización aquí mostrada requiere de un bloque funcional que en la industria se conoce con el nombre de *temporizador con retardo a la desactivación* y que para la realización del CLS aquí presentado fue construido con elementos electromecánicos.**

### **REALIZACIÓN CON BLOQUES ELECTRÓNICOS**

En esta realización el circuito de control está integrado por los bloques electrónicos mostrados en la imagen (se 3.4); los optoacopladores OP1 y OP2 son la interfaz entre los botones de arranque y paro y la electrónica que realiza el CLS, nótese la presencia de una fuente de 24 volts al igual que en el caso de la realización con lógica alambrada.

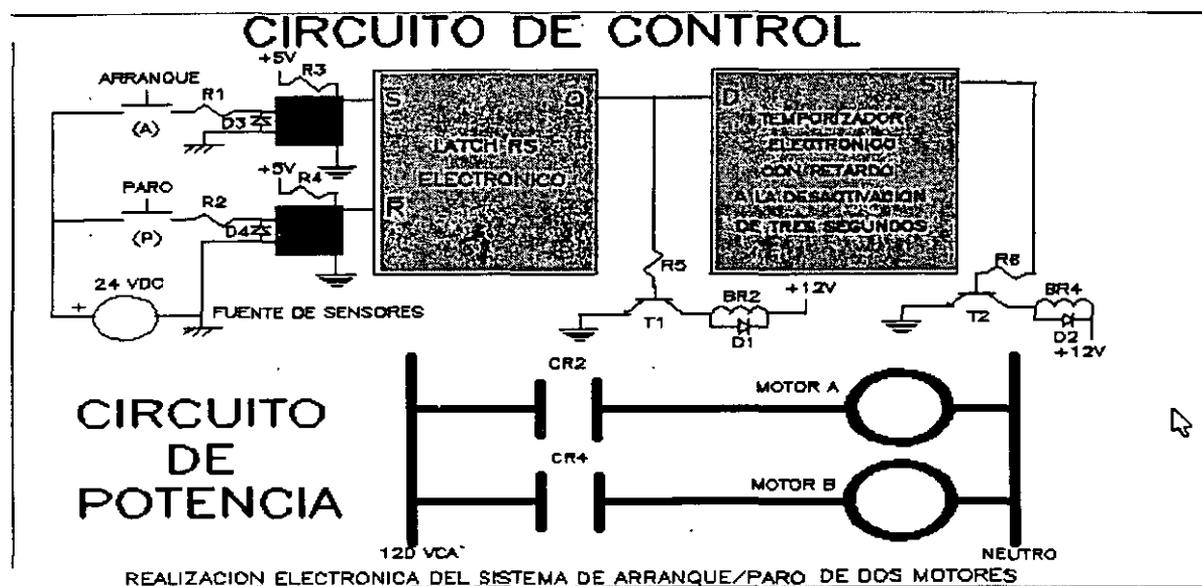


Imagen asc 3.4

Los optoacopladores proveen aislamiento entre los circuitos donde intervienen los sensores binarios, en este caso los botones de arranque y paro, y la electrónica que realiza al CLS, la cual debe polarizarse con fuentes de alimentación independientes de la de 24 volts empleada para activar las señales binarias de entrada.

Al igual que en la realización con lógica alambtrada la interfaz de potencia está integrada por los dos relevadores R2 y R4, cuyas bobinas en este caso operan con 12 volts y las mismas son energizadas mediante los transistores T1 y T2.

Los bloques electrónicos son un *latch RS* y un *temporizador con retardo a la desactivación* de tres segundos; los niveles lógicos de entrada y salida para ambos bloques por lo regular siguen el *estándar TTL* (uno lógico corresponde a un nivel de voltaje comprendido entre 3 y 5 volts y cero lógico corresponde a un nivel de voltaje positivo de hasta 0.8 volts ).

El funcionamiento lógico del latch RS se muestra en la siguiente tabla:

**FUNCIONAMIENTO LÓGICO DEL LATCH RS**

$\bar{R}$	$\bar{S}$	NIVEL LÓGICO EN LA SALIDA Q
0	0	INDETERMINADO
0	1	UNO LÓGICO
1	0	CERO LÓGICO
1	1	NO HAY CAMBIO EN EL NIVEL LÓGICO DE Q

Es importante aclarar aquí que la condición de indeterminación del nivel lógico de Q se presentaría sólo cuando se mantuvieran oprimidos simultáneamente los botones de arranque y paro, lo que en la realidad práctica no se daría.

En lo que toca al temporizador empleado, en la imagen ase 3.5 se muestran las gráficas de entrada y salida asociadas con el mismo.

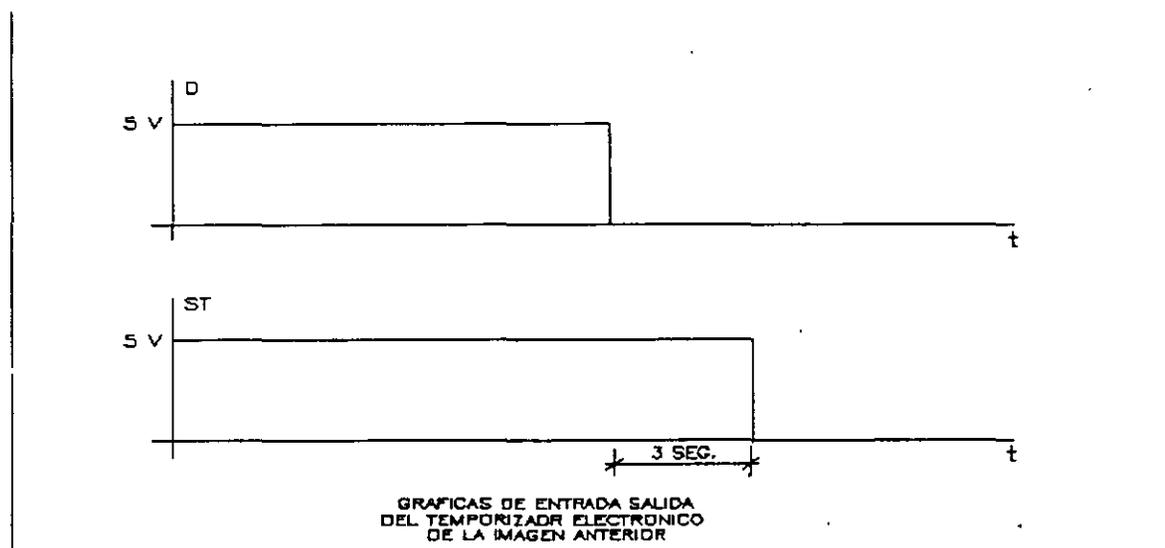


Imagen asease 3.5

## SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO

### Arranque

Al oprimirse el botón de arranque aparecerá en el colector del transistor del optoacoplador uno un nivel de cero lógico lo que hará que el latch RS presente un uno lógico en su salida Q, lo que a su vez hará que la salida (ST) del temporizador sea también uno lógico, esto hará que tanto T1 como T2 conduzcan energizándose simultáneamente las bobinas de los relevadores R2 y R4 cerrándose simultáneamente los contactos CR2 y CR4, arrancando con esto los dos motores simultáneamente.

### Paro

Al oprimirse el botón de paro el colector del optoacoplador dos (OP2) presentará un nivel de cero lógico, lo que hará que la salida Q del latch RS tome el nivel cero lógico cortándose de inmediato el transistor T1 lo que hace que el motor A se detenga de inmediato; sin embargo, la salida ST del temporizador permanecerá en su nivel de uno lógico durante tres

segundos lo que hará que el transistor T2 se corte tres segundos después de que lo hace el transistor T1, lo que originará que el motor B se detenga tres segundos después de que lo hace el motor A.

## **REALIZACIÓN POR MEDIO DE UN MICROPROCESADOR O MICROCONTROLADOR**

En este caso el CLS se realiza empleando una computadora dedicada contenida en una sola placa de circuito impreso, la cual estará basada en un microcontrolador o microprocesador comercial.

Las componentes fundamentales de una computadora digital son:

- a) **Unidad aritmética y lógica**, que es el bloque funcional que realiza las operaciones aritméticas y lógicas que una determinada aplicación pudiera requerir.
- b) **Unidad de control**, que es un sistema lógico que arbitra la ejecución de las instrucciones que contenga el programa que la computadora ejecute en un momento dado.
- c) **Puertos de entrada**, que son arreglos de entradas binarias, frecuentemente de nivel TTL, agrupadas típicamente en grupos de 8 ó 16 puntos de entrada individual.
- d) **Puertos de salida**, que son arreglos de salidas binarias, frecuentemente de nivel TTL, agrupadas típicamente en grupos de 8 ó 16 puntos de salida individual.
- e) **Memoria**, la cual es el bloque funcional donde se almacena el programa que ejecuta el microcontrolador y donde se generan y guardan las variables que un determinado programa pudiera generar al ejecutarse; la memoria puede ser volátil ( RAM ), no volátil permanente ( ROM ), o bien no volátil reprogramable ( EPROM o EEPROM ).

Por lo regular el programa a ejecutar se almacena en una memoria no volátil, en tanto que las variables que un programa genere se almacenan en memoria volátil.

**Un microcontrolador es un chip que contiene las componentes fundamentales de una computadora digital además de bloques funcionales de utilidad en instrumentación y control.**

**Un microprocesador es un chip que contiene únicamente dos componentes de una computadora digital, que son la unidad aritmética y lógica y la unidad de control.**

**Cabe señalar aquí que a estos dos elementos en la industria se les denomina como**

**Unidad Central de Proceso o CPU por sus siglas en inglés y son producidos por diversos fabricantes.**

En la imagen ase 3.6 se muestra en forma genérica la estructura a bloques de un microcontrolador.

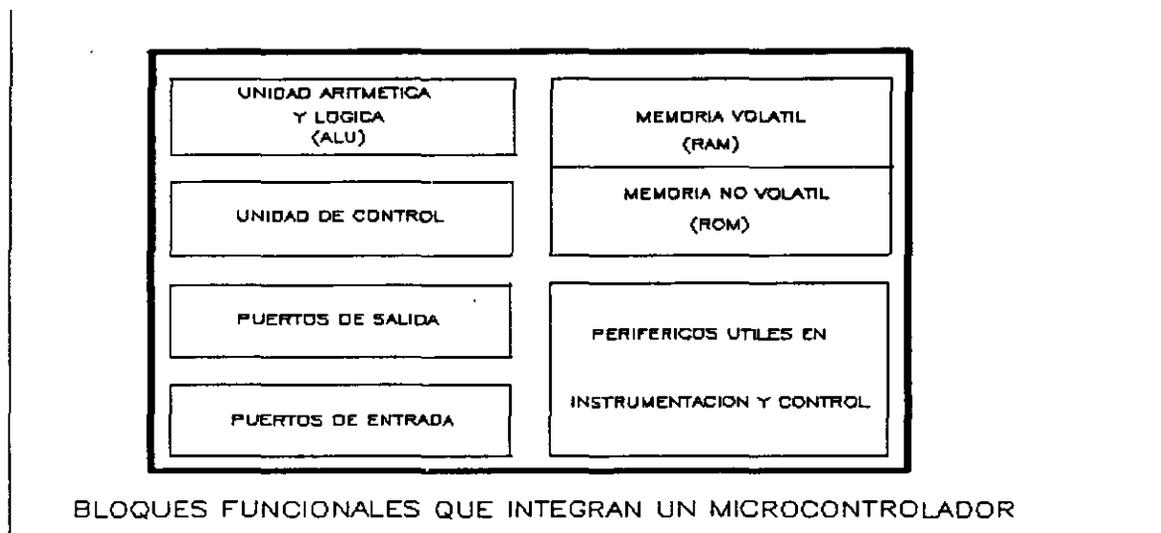


Imagen ase 3.6

Como toda computadora digital, el dispositivo de control basado en microprocesador o microcontrolador puede ejecutar secuencialmente un programa que previamente se haya diseñado para los fines que una determinada aplicación requiera.

Una forma de realizar el CLS del ejemplo que aquí nos ocupa empleando un microcontrolador o microprocsador, se ilustra en la imagen ase 3.7.

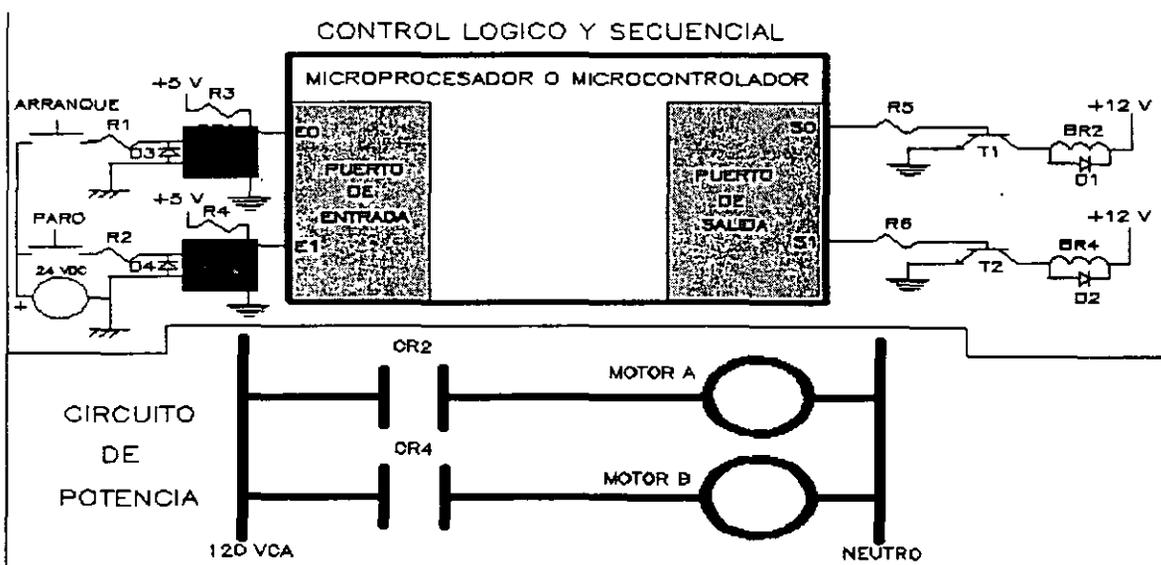


Imagen ase 3.7

Un diagrama de flujo asociado con el programa que se ejecutaría en el microcontrolador se muestra en la imagen ase 3.8.

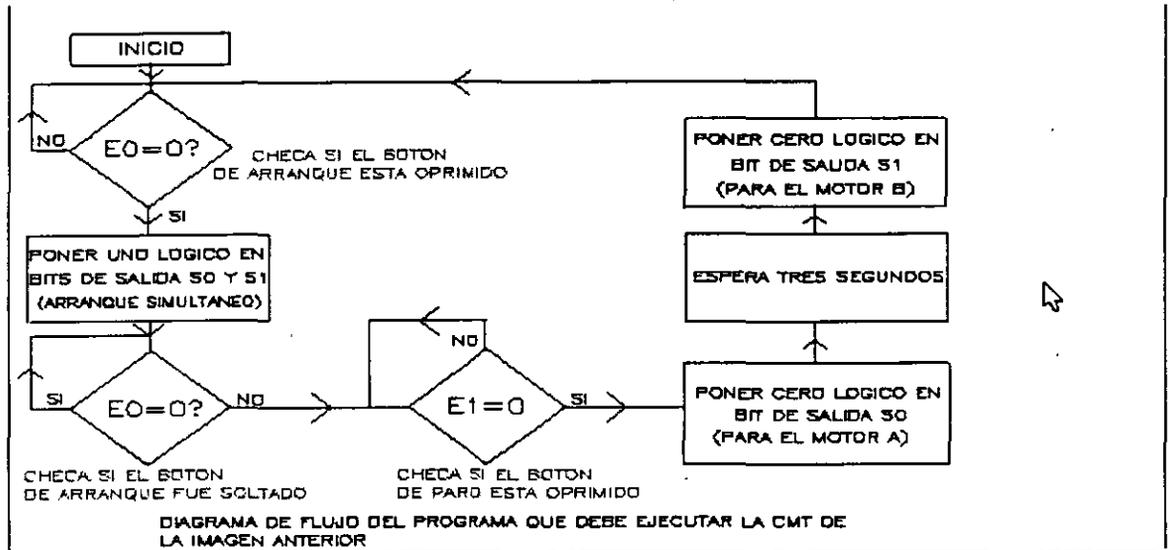


Imagen ase 3.8

**En las tres soluciones presentadas hasta aquí, se destaca el hecho de que tanto los sensores como los actuadores requeridos no cambian.**

En campo, el número de variables de entrada y salida requeridas en un momento dado, es mayor que las implicadas en el sencillo ejemplo discutido aquí, aunque es fácil ver que tal requerimiento puede ser solventado por cualquier computadora basada en algún microcontrolador o microprocesador comercial.

Una ventaja de la realización de un CLS empleando un microprocesador o microcontrolador, consiste en el hecho de que el efectuar modificaciones ( por ejemplo que el retardo de paro del motor B sea diferente de tres segundos ), se traduce en hacer cambios en el programa asociado (software), quedando el hardware sin modificación; por otro lado, para las realizaciones con lógica alamburada o con bloques electrónicos, el hacer cambios en la automatización requerirá hacer **modificaciones físicas** en los circuitos implicados.

Una desventaja de la realización de un CLS, empleando un microprocesador o microcontrolador, es el hecho de que se requiere de un experto en la programación del microprocesador o microcontrolador que la misma contenga.

## **REALIZACIÓN EMPLEANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE ( PLC )**

De acuerdo con la realización anterior, puede pensarse en la conveniencia de contar con un **sistema genérico para control lógico** que contuviera un optoacoplador por cada entrada binaria y sendos relevadores de baja potencia por cada salida binaria, ligado todo esto con una computadora basada en microprocesador o microcontrolador, que ejecutara un programa que validara el control lógico requerido para un proceso dado; tal sistema genérico deberá presentar, para que el usuario tenga acceso a las entradas y salidas, lo siguiente:

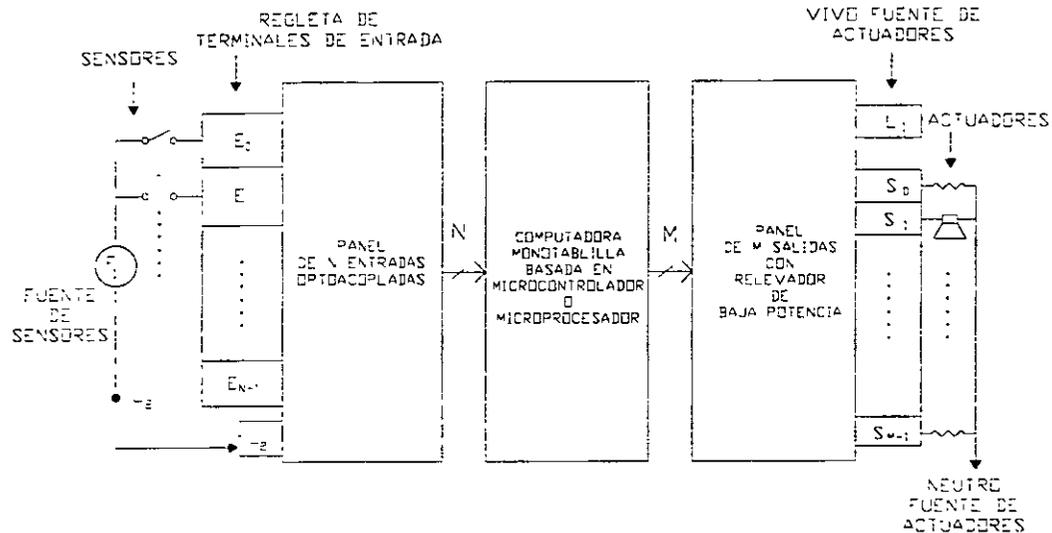
**Un cierto número ( N ) de terminales de entrada para conectar sensores binarios.**

**Una terminal de entrada para el neutro de la alimentación de C.A., o bien el negativo de la fuente de 24 Volts.**

**Un cierto número ( M ) de terminales de salida, asociadas cada una con uno de los contactos del relevador de salida correspondiente y una terminal del lado de las salidas para conexión del vivo de la línea de C.A., o la terminal positiva de la fuente de 24 volts; el uso de el suministro de alterna o la fuente de directa dependerá de si el uno lógico, tanto para sensores como para actuadores es verificado con 24 volts o con 120 Volts de C.A.**

En la imagen [ase 3.9](#) se muestra un esquema a bloques simplificado de un sistema genérico para control lógico basado en microprocesador o microcontrolador.

Aún cuando el sistema genérico de control lógico aquí mencionado, presenta muchas ventajas respecto a las soluciones con lógica alambrada y elementos físicos electrónicos, todavía hay que considerar que requiere además de un programador experto que domine aspectos tanto de hardware como de software relacionados con el microcontrolador o microprocesador que sea el núcleo de la computadora implicada.



### Sistema genérico para control lógico basado en una computadora microprocesador o microcontrolador

Imagen asc.3.9

En consecuencia, es deseable contar con un lenguaje de programación que genere código para la computadora, de modo que el usuario final no se las tenga que ver con detalles técnicos de la arquitectura y funcionamiento del microcontrolador correspondiente, sino solo con la manera en que debe adquirir las entradas binarias, procesarlas lógicamente y proporcionar las salidas hacia los actuadores.

Un sistema que conjunte el hardware descrito como sistema genérico de control lógico, aunado con software que facilite al usuario final el desarrollo de aplicaciones, es conocido en la industria como **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, (PLC por sus siglas en inglés)**. De esta forma, el ejemplo de automatización aquí presentado podría realizarse con un PLC, cuya estructura y características se exponen en temas subsecuentes.

**La forma en que el ejemplo introductorio se realizaría empleando un PLC se explicará más adelante, una vez que se hayan asimilado diversos conceptos acerca de la estructura y configuración de los mismos.**

### 3.2 ESTRUCTURA DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Objetivo: El estudiante conocerá en forma general la función de los bloques que integran un PLC, así como la intercomunicación entre ellos, cuando los mismos estén distribuidos en lugares físicos separados.

De acuerdo con lo expuesto en este curso sobre fundamentos de la automatización con PLC's, se puede decir que un PLC es un sistema electrónico basado en microprocesador o microcontrolador, que es empleado en la industria para realizar el circuito de control o sistema lógico de control, requerido en una determinada automatización.

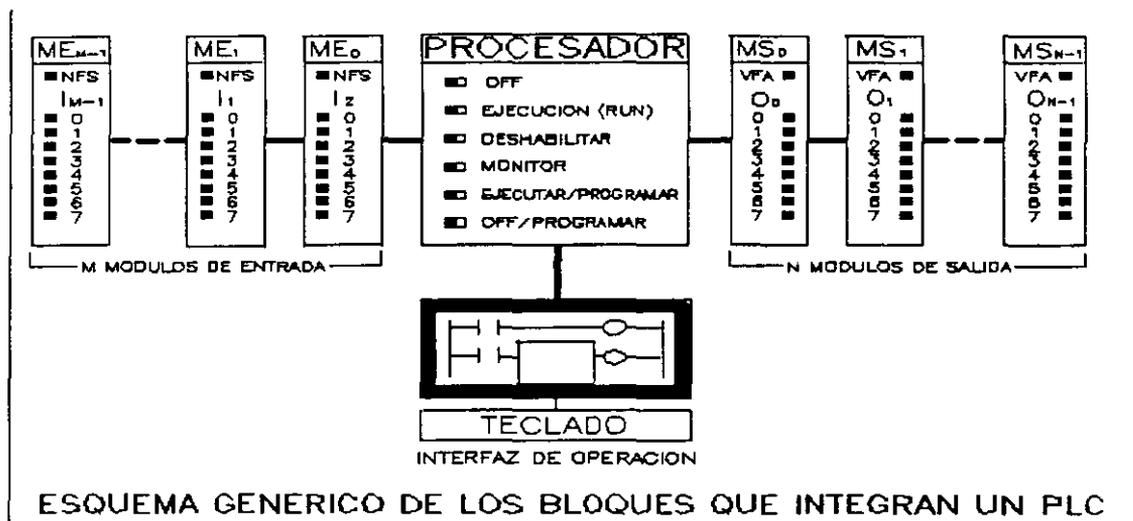


Imagen ase 3.16

En la imagen ase 3.16 se aprecian los módulos básicos que integran a un PLC, los cuales son:

- Procesador
- Módulos de entradas
- Módulos de salidas
- Interfaz de operación

Las entradas y salidas son binarias y están agrupadas por lo regular en grupos de 8 ó

**16 bits individuales, los PLC manejan tres tipos de variables binarias los cuales son:**

- a) **Variables binarias de entrada**, las cuales están asociadas con los bornes de entradas físicas y se denotan con la letra "I" seguida por números y/o letras que especifican el módulo de entrada al que pertenece y el número de bit que corresponda; así, el bit de entrada cinco del módulo de entrada uno podría denotarse como I15.
- b) **Variables binarias de salida**, las cuales están asociadas con los bornes de salidas físicas y se denotan con la letra O seguida por números y/o letras que especifican el módulo de salida y el número de bit que corresponda; por ejemplo, el bit de salida tres del módulo de salida dos podría especificarse como O23.
- c) **Variables binarias intermediarias**, las cuales no están asociadas con variables físicas ya sea de entrada o de salida sino que son internas a una determinada lógica de automatización; por congruencia notacional se agrupan en módulos o grupos de 8 ó 16 variables, en la industria frecuentemente se les llama variables *interlock*, y se denotan con la letra K seguida por números y/o letras que indican el grupo y bit que correspondan; por ejemplo, la variable correspondiente al bit siete del grupo cuatro de variables intermediarias podría denotarse como K47.

### **3.2.1 Procesador**

**El procesador de un PLC es el "cerebro" del mismo y está hecho a partir de un microprocesador o microcontrolador comercial, y de hardware adicional como memorias y lógica de interconexión; el procesador está contenido en un gabinete de tamaño variado de acuerdo a la capacidad del PLC.**

**Algunos procesadores tienen la facilidad de poder expandir la cantidad de memoria que contienen otros no cuentan con esta capacidad.**

El procesador contiene diversos conectores para conectar cables que van a otros bloques funcionales del PLC como pueden ser módulos de entradas, salidas y la interfaz de operación.

**Muchos procesadores contienen baterías de respaldo que mantienen almacenado el programa de asociado con la realización de un determinado SLC, en caso de falla del suministro de energía eléctrica. El tiempo de retención puede variar desde un mes hasta un año.**

**Es importante señalar que los procesadores contienen en memoria no volátil (ROM)**

un programa básico operación o sistema operativo, que posee facilidades para interactuar con la interfaz de operación, de modo que el PLC pueda ser configurado para automatizar un proceso.

Los procesadores contienen interruptores de operación, algunos de los cuales requieren de llaves para su accionamiento, de modo que personas no autorizadas no puedan manipular la automatización de un determinado proceso.

Las posiciones de los interruptores mencionados varían de un fabricante a otro, en la siguiente tabla se mencionan los más comunes:

Interruptores de operación típicos presentes en los procesadores de PLC's

INTERRUPTOR	FUNCIÓN
OFF	CONFIGURACIÓN Y EJECUCIÓN DESHABILITADA
EJECUCIÓN (RUN)	PERMITE QUE SE EJECUTE UN SLC, PERO NO SE PUEDEN HACER CAMBIOS EN EL MISMO O BIEN CONFIGURAR OTRO SLC.
DESHABILITAR	"APAGA" TODAS LAS SALIDAS
MONITOR	HABILITA PANTALLA QUE DESPLIEGA INFORMACIÓN DE OPERACIÓN
EJECUTA/PROGRAMA R	SE PUEDE EJECUTAR EL SLC PRESENTE Y HACERLE MODIFICACIONES EN LÍNEA, ESTE MODO DEBE USARSE CON PRECAUCIÓN.
OFF/PROGRAMAR	NO SE PUEDE EJECUTAR EL SLC PRESENTE, PERO SI ES POSIBLE RECONFIGURARLO O PROGRAMAR OTRO DIFERENTE.

### 3.2.2 . Módulos de entradas y salidas

Los módulos de entradas y salidas son bloques importantes para el funcionamiento de un PLC, ya que son, por un lado, el medio de interfaz entre el procesador y los sensores binarios asociados con una determinada automatización, y por otro lado, entre los elementos de actuación y el procesador del PLC.

En el mercado industrial de PLC's estos módulos pueden combinar entradas y salidas o bien contener sólo entradas (módulos de entradas) o bien sólo salidas ( módulos de salida ).

Módulos de entrada

Como bloque funcional un módulo de entrada es una caja con conectores de tornillo que tienen asociadas las terminales propias de las entradas que contienen, además se tienen uno o varios puntos de contacto para el común de la fuente de sensores; por cada entrada existe un elemento de optoacoplamiento que aísla el circuito de sensores del que maneja la electrónica del procesador.

Existen dos tipos de elementos de entrada:

- a) Elementos de entrada para los cuales el uno lógico está representado por la presencia de una tensión de alterna ( por lo regular 120 Volts ), y el cero lógico está representado por la ausencia de tensión; en la realidad el uno lógico se reconoce cuando la tensión aplicada es mayor de 80 Volts y el cero lógico es asumido cuando la tensión aplicada es menor de 20 Volts.
- b) Elementos de entrada para los cuales el uno lógico está representado por la presencia de una tensión de directa ( por lo regular 24 Volts ), y el cero lógico está representado por la ausencia de tensión; en la realidad el uno lógico se reconoce cuando la tensión aplicada es mayor de 16 Volts y el cero lógico es asumido cuando la tensión aplicada es menor de 5 Volts.

Módulos de entrada con lógica de 120 VAC

El aspecto que podría tener este tipo de módulo se muestra en la imagen asc 3.17 donde se aprecia además a nivel de diagrama de bloques el procesamiento electrónico asociado con cada bit de entrada.

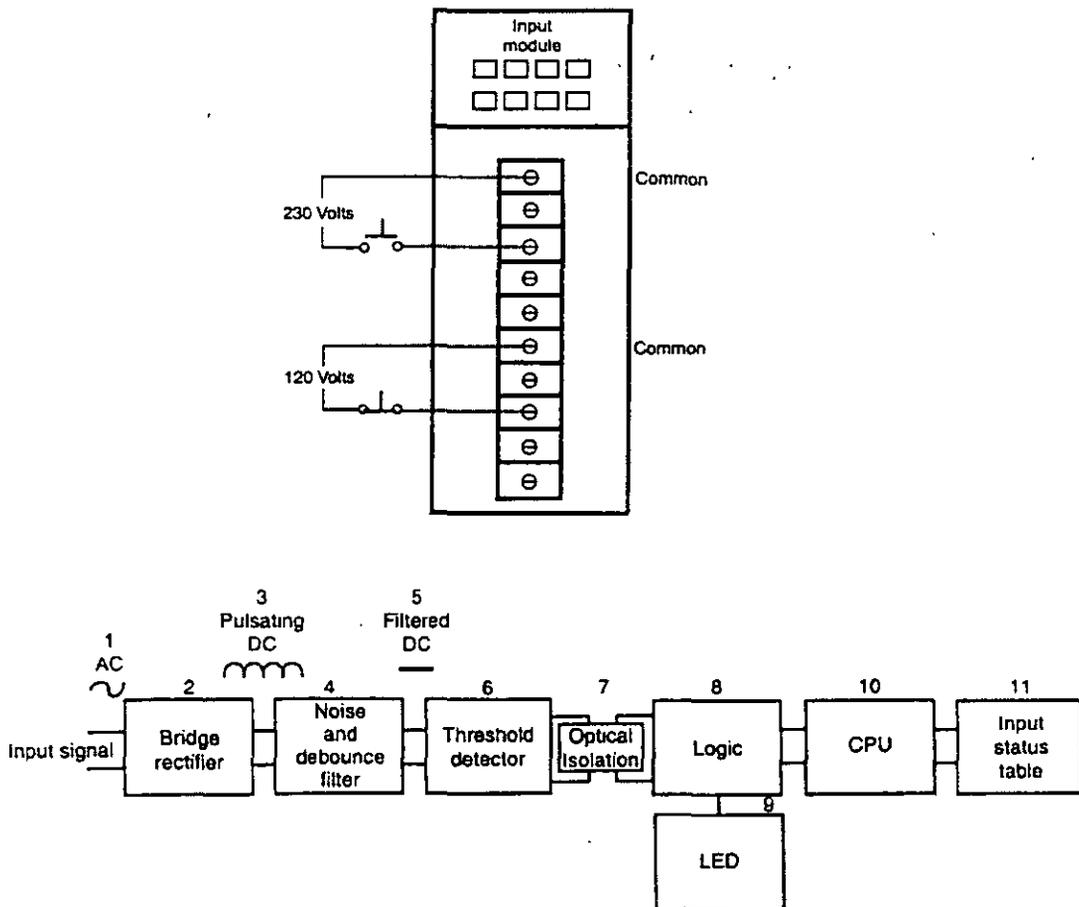


Imagen asc 3.17 ( esta imagen requiere edición posterior, letreros en español, colocar identificadores de entradas y botones )

**Nótese que el módulo maneja ocho entradas y la presencia de dos tornillos adicionales para conectar el común de la fuente de sensores.**

**Al oprimirse el botón normalmente cerrado A, el procesador del PLC reconocerá como cero lógico el valor asociado a la entrada binaria I05, en otro caso el nivel lógico asumido para I05 será uno lógico.**

Módulos de entrada con lógica de 24 VDC

**El aspecto que podría tener este tipo de módulo se muestra en la imagen asc 3.18 donde se aprecia además a nivel de diagrama de bloques el procesamiento electrónico asociado con cada bit de entrada.**

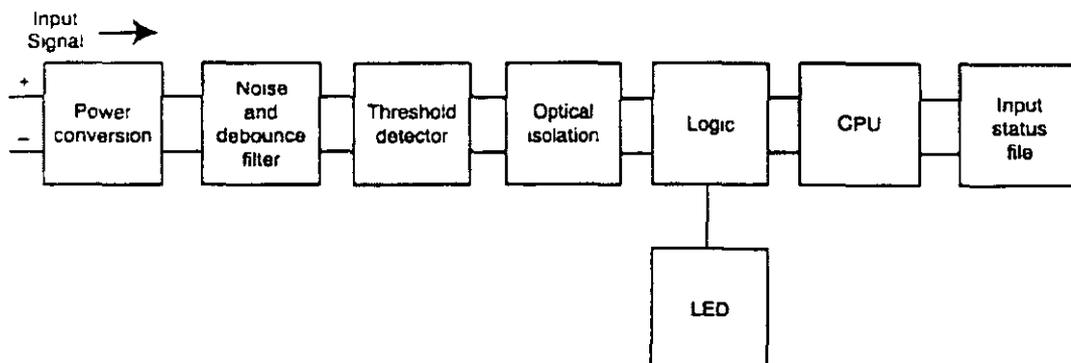
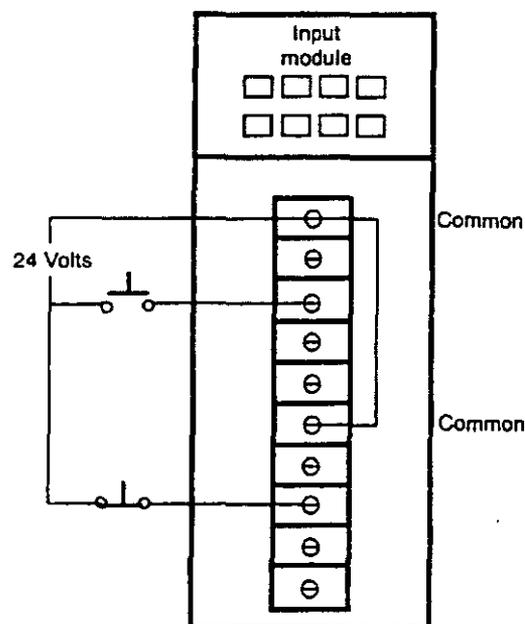


Imagen asc 3.18 ( esta imagen requiere edición posterior, letreros en español, colocar identificadores de entradas y botones )

**Nótese que el módulo maneja ocho entradas y la presencia de dos tornillos adicionales para conectar el común de la fuente de sensores.**

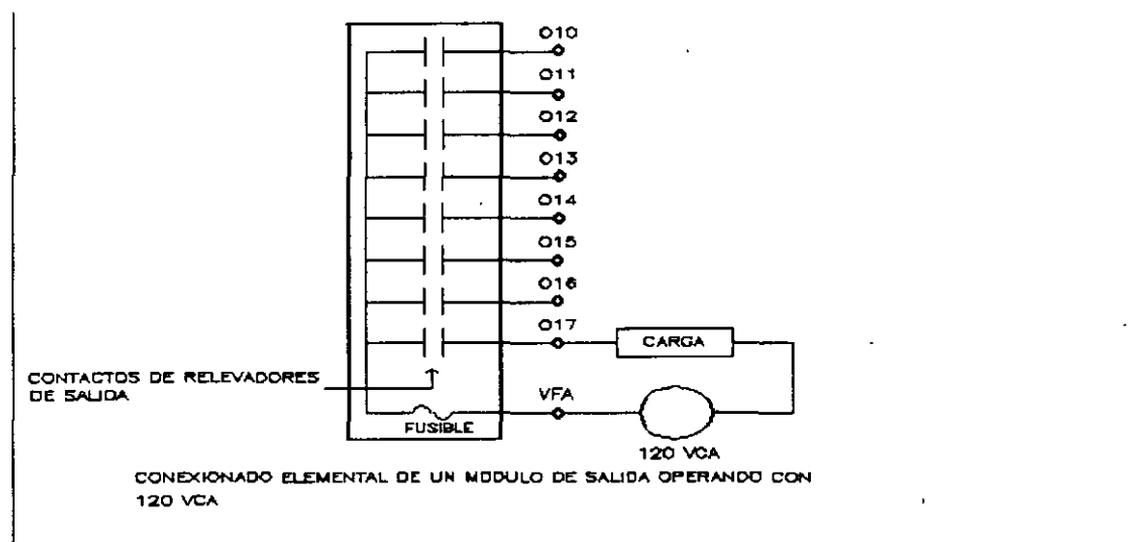
Al oprimirse el botón normalmente abierto B el procesador del PLC reconocerá como uno lógico el valor asociado a la entrada binaria I01, en otro caso el nivel lógico asumido para I01 será cero lógico.

#### Módulos de salida

Los módulos de salida constituyen la interfaz entre el mundo exterior y el procesador de un PLC, las terminales físicas de salida pueden estar conectadas a diversos dispositivos de actuación tales como: arrancadores de motores, lamparas piloto, solenoides, válvulas, relevadores de control externos al PLC, solo por mencionar algunos.

Todos los dispositivos mencionados tienen en común el hecho de que su accionamiento es binario, esto es, las señales que manejan son activado o desactivado ( on u off ), abierto o cerrado, verdadero o falso.

En la imagen asc 3.19 se ilustra el alambrado elemental de un módulo de ocho salidas, en la imagen se asume que la fuente requerida por los actuadores es de 120 VCA, la carga conectada a la terminal de salida O17 puede ser un elemento de actuación del tipo de los mencionados anteriormente.



(aquí va la imagen asc 3.19)

Cada interruptor mostrado físicamente representa los contactos físicos de un relevador accionado por el procesador, en este esquema simplificado se ha obviado esta circunstancia.

Nótese la presencia de un fusible de protección y de la fuente de actuadores y el conexionado de la misma, en el esquema mostrado se emplea una fuente de 120 VCA, pero podría ser también una fuente de 24 VDC, el tipo de tensión requerido dependerá de la propia de trabajo de los elementos de actuación empleados.

En la imagen asc 3.20 se muestra el aspecto que para el usuario podría tener el panel asociado con un módulo de salida.

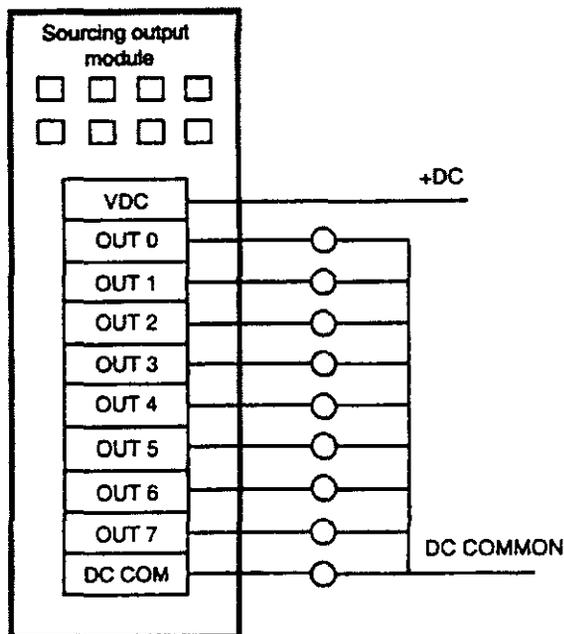
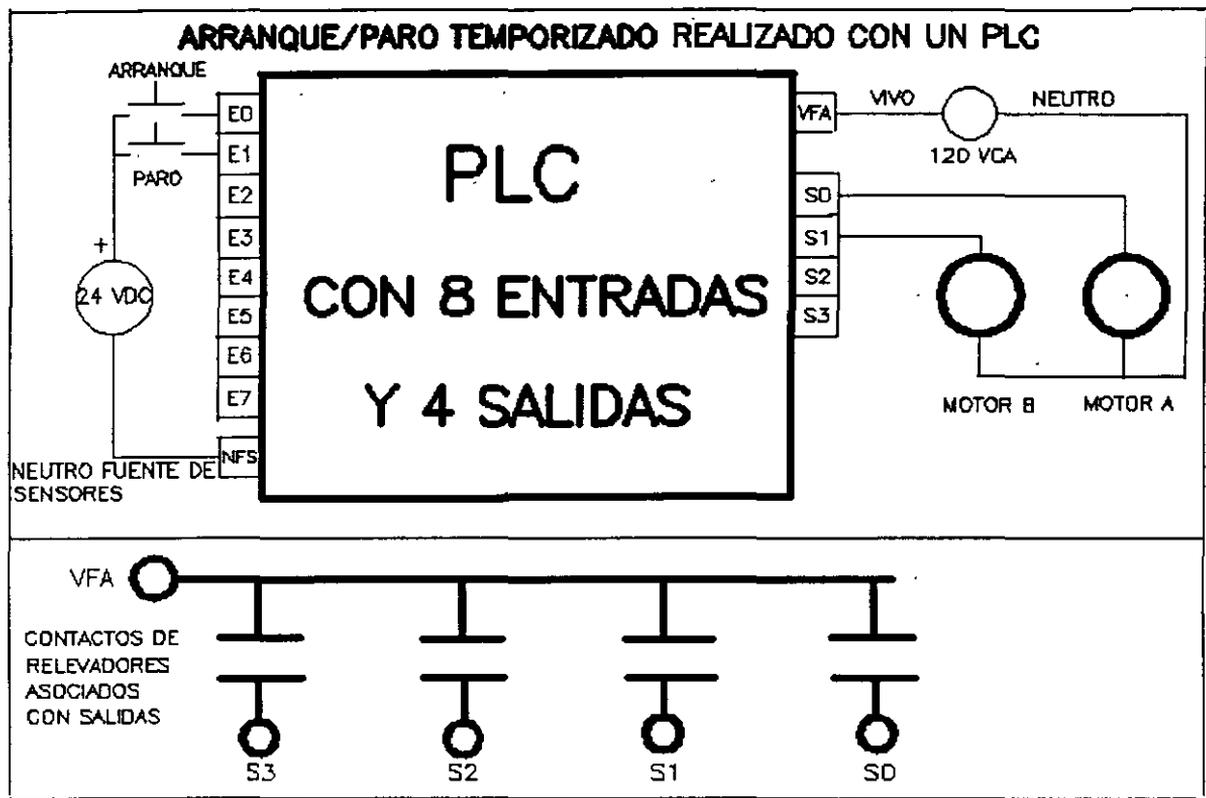


Imagen asc 3.20 ( esta imagen requiere post edici3n. letreros en espa3ol. etiquetas de salida )

**Aparte de las realizaci3n de salidas mediante contactos de relevador como lo aqu3 expuesto, puede haber salidas f3sicas validadas por elementos electr3nicos de potencia tales como TRIACS o algo equivalente, para detalles sobre esto se recomienda consultar el manual del fabricante del PLC en particular que contenga este tipo de elementos de salida.**

Retomando el ejemplo de la introducci3n, de acuerdo con los enunciados anteriores, un posible conexionado para la realizaci3n del ejemplo mediante un PLC se muestra en la imagen asc 3.10, donde adem3s se ilustra el conexionado interno que tendr3an los contactos de los relevadores asociados con las cuatro salidas, entendi3ndose que una salida con uno l3gico hace que los contactos de su relevador asociado se cierren, mientras que cuando la misma es cero l3gico los contactos asociados estar3n abiertos.



En el conexionado mostrado, se supone un PLC con sólo ocho entradas y cuatro salidas, el número de entradas y salidas que un PLC tiene varía con su tamaño, los hay pequeños como el aquí supuesto y grandes para los cuales el rango de entradas y salidas puede ser del orden de cientos.

Además de las salidas de tipo relevador, puede haber para los PLC's salidas donde cada borne de salida está asociado con un elemento electrónico de potencia tal como un TRIAC; de esta manera el uno lógico en la salida haría que el TRIAC pasara a su estado de conducción, y el cero lógico haría que el TRIAC pasara al estado de no conducción.

Es muy común en la industria que los PLC's presenten sus entradas y salidas agrupadas en conjuntos de ocho o dieciséis de ellas.

### 3.2.3 Módulos de comunicaciones

Algunas máquinas y sistemas de control de procesos requieren PLC's interconectados para que los datos puedan pasar entre ellos y realizar eficientemente las tareas de control, por lo que es indispensable un sistema de comunicaciones que permita centralizar la información para supervisar las funciones de adquisición de datos, diagnóstico de mantenimiento y reportes de producción. Originalmente los PLC's se comunicaban con una computadora central a través de sus puertos de programación, lo cual limitaba la transferencia de datos a las características de dicho puerto, con la desventaja de que si la PC llegaba a presentar falla, la comunicación entre los PLC's se interrumpía (topología estrella). Actualmente, con base en el uso de estructuras LAN grandes cantidades de datos útiles pueden intercambiarse entre PLC's y otros equipos de cómputo de manera eficiente, a través de elementos de comunicación dedicados, los cuales se conocen genéricamente como módulos de comunicaciones, mismos que se insertan en un slot del rack del PLC. Su función es muy especializada por lo que deben especificarse con detalle y cuidado.

**Una tendencia muy significativa de estos equipos es la conectividad con redes comerciales, a nivel campo, proceso y planta. Los protocolos de comunicación que pueden llegar a soportar, son: Profibus, Hart, Modbus, Data Highway, Map y TCP/IP entre otros. El protocolo de comunicación TCP/IP, es el estándar de facto que actualmente se está estableciendo a nivel internacional, y es el que están adoptando y ofreciendo de forma comercial los diferentes fabricantes de PLC's. Por tal motivo TCP/IP, es el protocolo de comunicación que se sugiere para que los PLC's se integren a los niveles superiores de la pirámide de automatización, y con ello implantar un sistema de comunicación abierto. La mayoría de los PLC's soportan conexión a una red Ethernet, con el empleo del protocolo TCP/IP.**

Se emplea del protocolo Modbus RTU para el manejo de información de equipo de terceros, sobretodo para la instrumentación analítica o equipo de medición. El equipo de control debe tener al menos un puerto serial disponible para la comunicación con un dispositivo de programación (preferente una computadora portátil). Para el manejo de información de instalaciones remotas, se puede emplear también el protocolo Modbus RTU o el protocolo que soporte el equipo maestro. Para ello se debe contar con la infraestructura

de radiocomunicación conveniente; en algunos casos podrá ser factible la utilización de telefonía y microondas.

Con respecto a la comunicación de instrumentos de campo, en la actualidad es muy usado todavía el esquema de conexión hardwired para cada instrumento, sin embargo, cada vez son mayores las aplicaciones que emplean protocolos de campo. El equipo de control deberá contar con una interfaz de comunicación para la instrumentación inteligente, que soporte los protocolos Hart, Fieldbus, Profibus, etc., mismo que debe habilitar las funciones de configuración, diagnosis y administración de la instrumentación.

Es necesario especificar los puertos de interfaz y los adaptadores cuando ya se cuenta con los equipos que serán interconectados. En interiores de espacio reducido y libres de ruido, para comunicación serial puede emplearse una interfaz RS-232 ó RS-423, con adaptador DB-9. Para distancias mayores a 10m, incluso en ambientes ruidosos, se puede emplear una interfaz RS-422 ó RS-485, con adaptador DB-15. Los adaptadores para interfaz Ethernet son RJ-45 para la mayoría de los PLC's. Cuando se emplea equipo de conectividad tal como concentrador, router, puente o switch, deberán definirse el tipo y cantidad de adaptadores necesarios. Deberán solicitarse transceivers para fibra óptica cuando se emplee este medio físico.

A continuación se muestra una aplicación típica de PLC's en plataformas marinas, indicándose las características y la arquitectura que se requieren, mismas que resaltan funciones de comunicación de interés.

Características principales:

- Redundancia Tipo Hot StandBy.
- Redundancia en CPU's, Fuentes de Poder, Comunicación Ethernet.
- Procesador Intel 586 a 133 Mhz, 16 MB memoria RAM y 16 MB Flash.
- Comunicación Redundante Ethernet a 10 Mbps, conexiones 10bT ó 10b2.
- Inserción en caliente de todos los componentes del sistema.
- Redundancia en módulos de entradas y salidas incluyendo señales analógicas.

- Diagnósticos activos (Watchdog) en todas las tarjetas del sistema.
- Configuración En-Línea y Fuera de Línea.
- Programación y Configuración con una sola dirección IP.
- Re educación de CPU's al ser insertado después de falla.
- Sincronización automática de variables en cada Scan de barrido.
- Redundancia con diseño tolerante a fallas y falla segura.
- Alta velocidad de procesamiento 300 PID's por segundo.
- Software de Programación de acuerdo a IEC 1131.
- Tarjetas de alta resolución 16 Bits.
- Alto nivel de protección a ruido (CMRR) de 80 a 140 db.
- Bajo consumo de energía, 30% menos que un sistema similar.
- Menor tamaño, aproximadamente un 50% que un sistema similar.
- Aprobación 1E para requerimientos de aplicaciones Nucleares.

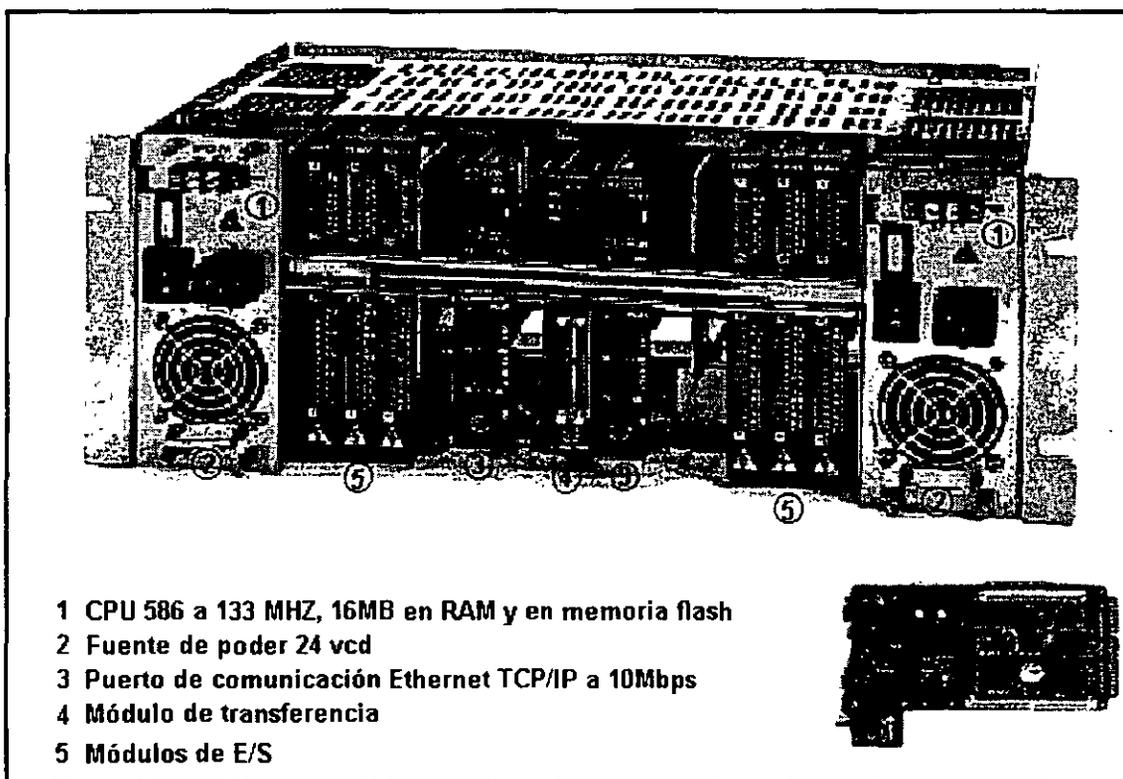
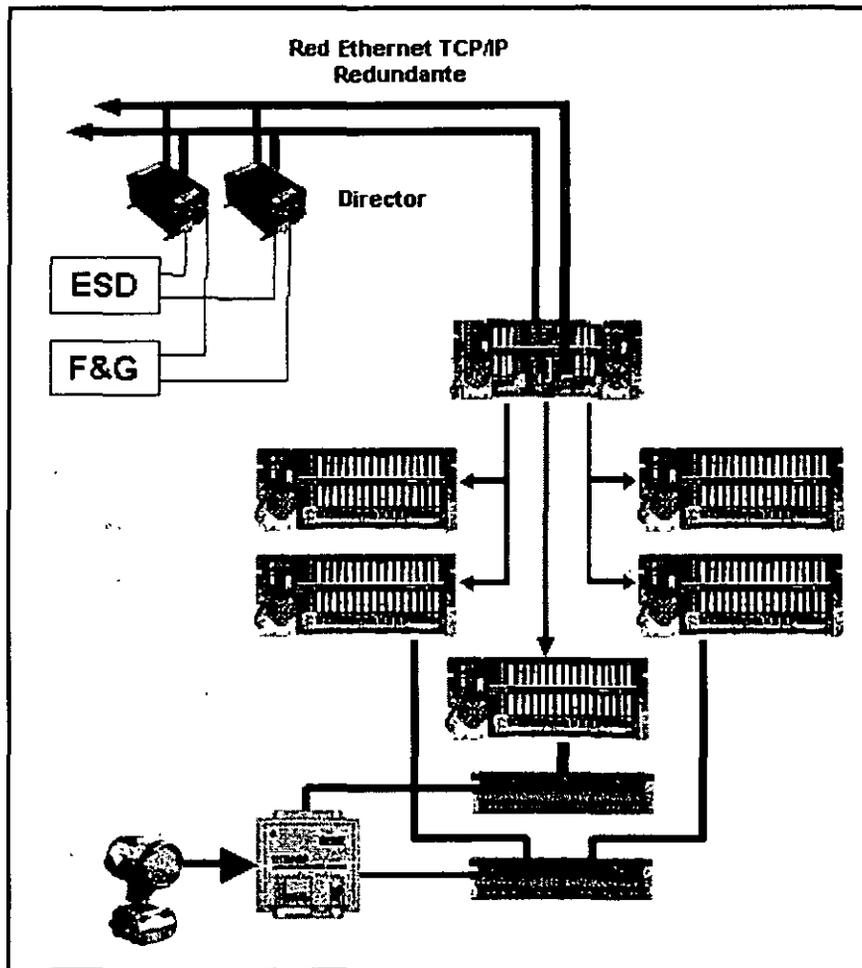


Figura 3.101. Arquitectura redundante de PLC en plataformas marinas.

Las capacidades de comunicación del PLC especificado en los párrafos anteriores, se muestran en la figura 3.102, en donde se menciona la conexión del PLC con sus racks de tarjetas o módulos de entradas y salidas, que pueden ubicarse remotamente.



**Figura 3. 102. Comunicaciones del PLC**

### 3.3 INTERFAZ DE OPERACIÓN

**Objetivo:** El estudiante entenderá conceptualmente cual es la función de la interfaz de operación de un PLC y los tipos de presentación usuales para este bloque.

Para que un PLC realice una determinada automatización se requiere que alguien lo

*configure* o *programme* para ello, esto se logra mediante un bloque funcional denominado **INTERFAZ DE OPERACIÓN** o bien con un simple **PROGRAMADOR**.

Por medio de la interfaz de operación se declara el programa que la automatización requiera, el cual será por lo regular un diagrama de escalera virtual que realiza la lógica del CLS requerido; se dice que el usuario diseña el programa de aplicación o bien configura el PLC para llevar a cabo el control lógico que se requiera en un momento dado.

La interfaz de operación puede ser:

- a) **Interfaz de operación de tipo manual y portable**, denominada como HHT o bien HHP ( del inglés *handheld terminal* y *handheld programmer* ).
- b) **Interfaz de operación de tipo computadora personal (PC).**

#### **Interfaz de operación de tipo manual y portable ( HHT )**

Este tipo de interfaz puede tener un aspecto como el que se muestra en la imagen asc 3.21, se conecta al PLC mediante el un cable apropiado, cada fabricante ofrece algún tipo de está presentación, cabe señalar que esta forma de programar un PLC es la que tiene más años de uso en la industria.

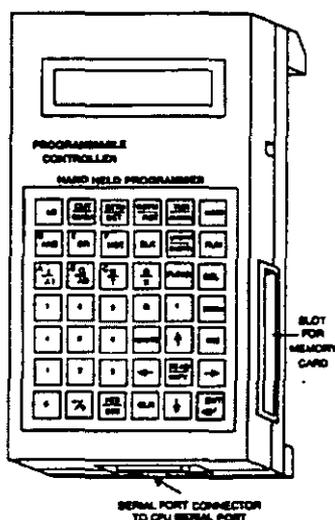


Imagen asc 3.21 ( esta imagen requiere post edición )

La introducción de las instrucciones empleando un HHT se hace presionando teclas en el mismo. En un HHT típico usualmente hay teclas para introducción y edición de instrucciones, teclas de navegación para moverse alrededor del programa, y teclas para detectar fallas.

Un HHT de una determinada marca, funcionará únicamente con PLC's de ese fabricante.

### Interfaz de operación de tipo PC

En este caso la interfaz de operación la constituye una computadora de tipo PC, ligada vía serie ( RS 232 ) con el PLC, en la imagen ase 3.22 se ilustra esta idea, pueden destacarse dos posibilidades para esta modalidad:

1. **Interfaz de operación de tipo PC**, donde esta última ejecuta un programa de *emulación de terminal*, en este caso el programa se introduce empleando el teclado de la PC, radicando la inteligencia de esto en el sistema operativo del PLC.
2. **Interfaz de operación de tipo PC**, donde esta última ejecuta software propietario del fabricante que permite introducir, editar y probar un programa a ejecutar a posteriori en el PLC; así como también el monitoreo de diversas variables del PLC cuando el mismo ejecuta una determinada aplicación. En esta modalidad la interfaz con el usuario por lo regular es más amigable, y cabe señalar que dada la gran penetración que tienen en el mercado las computadoras personales, este tipo de interfaz de operación es muy usado actualmente.

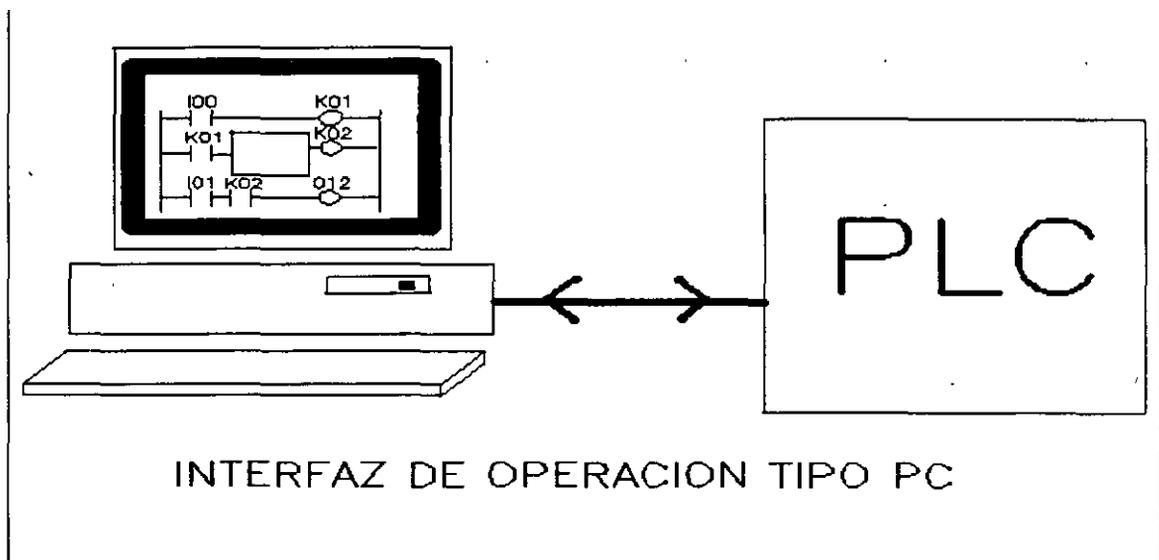


Imagen ase 3.22

### 3.3.1 Interfaz Humano Máquina (HMI)

La interfaz humano máquina consiste de diversos despliegues gráficos para la supervisión del proceso y el propio sistema; otros términos que se utilizan para referirse a estas interfaces son: GUI (Graphical User Interface), MMI (Man Machine Interface) y HMI (Human Machine Interface).

En los modernos sistemas de control la presentación de datos provenientes de los sensores, medidores y alarmas es realizada por una pantalla de visualización en color, con la presentación de datos históricos, tendencias, gráficas en tiempo real e históricas del proceso, etc. Esta interfaz no solo presenta la información del sistema, también es una vía para que el operador comande el proceso, modificando parámetros y características del sistema; las órdenes son dadas mediante un lenguaje gráfico o con un teclado especial con teclas funcionales. En resumen una interfaz de operación es una combinación de menús, mímicos de la planta, ordenes de teclado, lenguaje de órdenes y pantallas de ayuda, que en conjunto conforman la manera en que el usuario interactúa con el proceso. El Hardware, tal como un ratón o una pantalla táctil también quedan incluidos dentro de esta categoría.

La HMI tiene como primer servicio importante manejar los datos obtenidos de los PLC's, para monitorear el proceso y el mismo sistema de control, proporcionando al operador un medio completo de visualización, monitoreo y control de la planta o una parte de ella. Los datos pueden enviarse a un dispositivo de almacenamiento, impresión o a un destino remoto a través del puerto de comunicaciones. En resumen, los datos pueden ser desplegados, almacenados, comunicados o impresos en una gran variedad de formatos, como listas tabulares, gráficas de barras y de tendencias, etc. Las principales funciones HMI se enuncian a continuación, ver figura 3.103.

- Despliegue de gráficos dinámicos del proceso, de tipo global y de detalle de las zonas u operaciones.
- Despliegue de estaciones o funciones de comando.
- Despliegue de grupos de instrumentos o dispositivos de control.
- Despliegue de valores y curvas de tendencia, en tiempo real e información histórica.
- Despliegue de condiciones de alarma.
- Despliegue e impresión de reportes.
- Menús de acceso y selección.

Un gráfico dinámico es una representación visual del sistema basado en PLC's, el cual contiene información proveniente del control del proceso y la seguridad de la planta. En general, estos gráficos, que se actualizan continuamente, muestran los valores, estado de los equipos y de los instrumentos de medición y control en gráficas animadas. El gráfico permite al operador interactuar con el proceso para definir y ejecutar comandos en equipos y en los elementos finales de control. Es una práctica muy utilizada que las funciones de monitoreo del proceso y el sistema de control basado en PLC's se realice por medio de una HMI basada en Windows NT.

Todos los desplegados de operación y seguridad de un sistema, normalmente están disponibles desde cualquier VDU en el sistema. Cualquier desplegado puede mostrarse sin que el operador introduzca una contraseña.

Los enlaces directos entre los desplegados se pueden activar presionando un botón o un recuadro en la pantalla. Usualmente se define una jerarquía de acceso a los desplegados

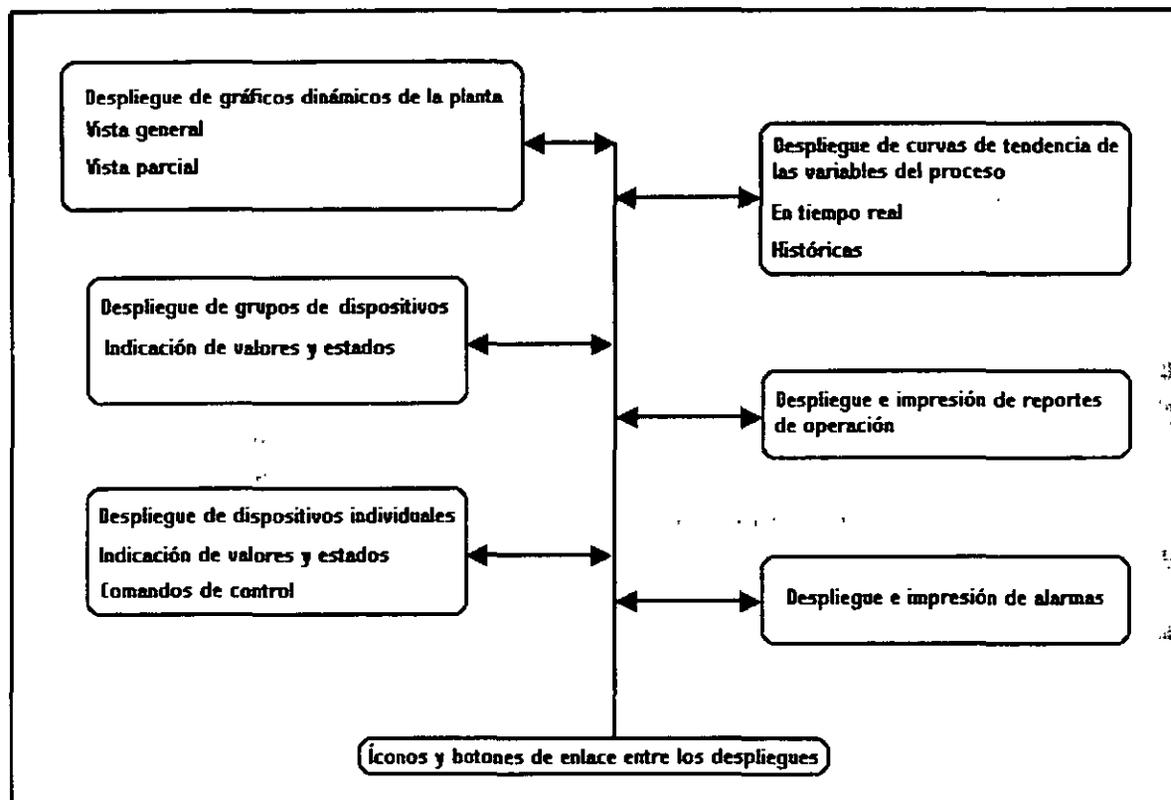


Figura 3.103. Elementos de la interfaz de operación (HMI).

El tiempo de actualización de los despliegues puede variar en función de la complejidad de los mismos, los despliegues de complejidad baja y media pueden actualizarse en aproximadamente 2 segundos, mientras que los de complejidad alta pueden tomar un poco más de tiempo.

La indicación del valor de las variables de proceso están ubicadas cerca de la línea de proceso o equipo con el cual esta relacionada. Las líneas de proceso cuentan con textos que identifican su servicio, origen y/o destino, mismos que se utilizan como objeto de navegación. También cuentan con flechas que indican el sentido de flujo del proceso.

En los comandos del operador como arranque/paro de equipos, apertura/cierre de válvulas, paro de emergencia y aumento/disminución de velocidad, existe un comando de

confirmación, además de su registro en memoria e impresión. El operador puede ejecutar cualquier comando desde un despliegue gráfico sin la necesidad de dirigirse hacia un despliegue de grupo o detalle.

### **Desplegados Gráficos de Vista General**

Son la representación del diagrama de flujo de proceso, en donde sólo se indican los equipos, variables y líneas principales del mismo, bajo este concepto se diseñan los desplegados gráficos de los complejos. Características principales recomendadas:

- Mediante el toque de pantalla o selección se deberá invocar un gráfico de vista parcial o un gráfico dinámico.
- El color de los equipos deberá ser amarillo, cambiando a rojo intermitente en el caso de que se presenten una o varias alarmas asociadas con el equipo.
- En los demás aspectos, se construirán los desplegados con los objetos que conforman la Librería de Objetos y Filosofía de Uso de Colores propuesta por la ISA.

### **Desplegados Gráficos de Vista Parcial**

En este tipo de gráficos se representan secciones completas de un proceso mayor, de esta manera se realizan los desplegados para las plataformas. Características principales recomendadas:

- Mediante el toque de pantalla o selección se deberá invocar el gráfico dinámico en que se encuentre el equipo que se ha seleccionado.
- El color de los equipos deberá ser amarillo, cambiando a rojo intermitente, de intensidad normal, en el caso de que se presenten una o varias alarmas asociadas con el equipo.
- En los demás aspectos, se Construirán los Desplegados con los objetos que conforman la Librería de Objetos y Filosofía de Uso de Colores propuesta por la ISA.

### **Representación gráfica del Equipo Dinámico**

El estado de los equipos será representado gráficamente según un código de colores normalizado.

- **Abrir/ encendido/ corriendo:**
- **Movimiento (válvulas):**
- **Falla de Equipo:**
- **Falla de válvula** (sólo en válvulas con switches de límite).
- **Indicación auto/manual**
- **Controles PID.** Cada controlador normalmente contiene los siguientes parámetros:
- **Punto de ajuste de PID (dato dinámico – lectura / escritura):**
- **Variable de Proceso PID (dato dinámico – sólo lectura):**

Normal, Alarma sin reconocer, Alarma reconocida, Alarma sin reconocer que ha regresado a su estado normal.

- **Modo del lazo (dato dinámico – lectura / escritura): Automático/ Manual**
- **Parámetros de ajuste PID (datos dinámicos – lectura / escritura)**
- **Válvula – control manual**
- **Motor – control manual.**
- **Bypass, interlocks, etc.**

En la figura 3.104 se muestra un ejemplo de gráfico dinámico de un complejo de plataformas marinas.

## **Navegación**

Como se observa en la figura, la navegación es por medio de carpetas con pestañas verticales para navegar a través de los complejos y pestañas horizontales para navegar a través de las plataformas del complejo. El operador únicamente tiene que seleccionar la carta y la pantalla se direcciona automáticamente a una pantalla con información general del complejo o plataforma y de allí partir a los gráficos detallados de su plataforma, cabe señalar que esta navegación solo es permitida de acuerdo con el nivel de seguridad del operador en ese momento, de lo contrario el acceso quedará bloqueado.

La pantalla principal de la plataforma contiene enlaces a todos sus gráficos, a información de grupos, tendencias y/o lo que requiera el operador.

Como ejemplo se puede mencionar que si dos o más plataformas están relacionadas por proceso, y en alguna de ellas se detecta una condición de alarma estando el operador en cualquier pantalla, el sistema emite una alarma visual en el anunciador de alarmas (cuadro en el centro inferior de la pantalla que monitorea permanentemente la existencia de alarmas) y en la línea de mensajes. La alarma además es audible. El operador puede acceder fácil y rápidamente al desplegado donde ocurre la alarma, simplemente llamando a la pantalla de "Sumario de Alarmas" usando el icono correspondiente, seleccionando la alarma en ese sumario.

### ***Despliegue de alarmas***

El sistema dispone de despliegues de alarma que incluye, grupos de alarma, sumario de alarmas y anunciador de alarmas, para alertar al operador de condiciones anormales en el proceso. Las alarmas serán detectadas para las siguientes condiciones:

- Contacto abierto o cerrado en campo para las entradas digitales.
- Violación del límite alto, muy alto, bajo, muy bajo para las entradas analógicas
- Violación del límite alto o bajo de desviación de la señal.

Estas alarmas pueden ser habilitadas o deshabilitadas desde el sistema utilizando la contraseña adecuada.

Se utilizan colores diferentes para diferenciar las alarmas por prioridad, también se diferencian cuando una alarma está reconocida o no. Las alarmas son mostradas en todas las pantallas del sistema.

El operador tiene la capacidad de llamar al despliegue de detalle del punto simplemente seleccionándolo en el desplegado de Sumario de Alarmas. Cuando el Sumario de Alarmas es accesado, se deben reconocer las alarmas presentes. No se reconocerá ninguna alarma automáticamente con el llamado del Sumario.

Las alarmas pueden clasificarse en cuatro prioridades:

Alarma	Uso	Color asociado
Periódica (Journal)	Para los eventos	No disponible en la pantalla
Baja (Low)	Para alarmas de baja prioridad	Gris
Alta (High)	Para alarmas de alta prioridad	Amarillo
Urgente (Urgent)	Para alarmas de muy alta prioridad	Rojo

Cada uno de estos niveles de prioridad tienen 16 sub-niveles de clasificación. Existe otro tipo de alarmas que son las propias del sistema, su clasificación esta definida de fábrica.

El sistema será capaz de almacenar en su memoria y desplegar en la pantalla (sumario de alarmas) hasta 1000 alarmas, las cuales también pueden ser registradas en la impresora de alarmas incluyendo su retorno a condición normal.

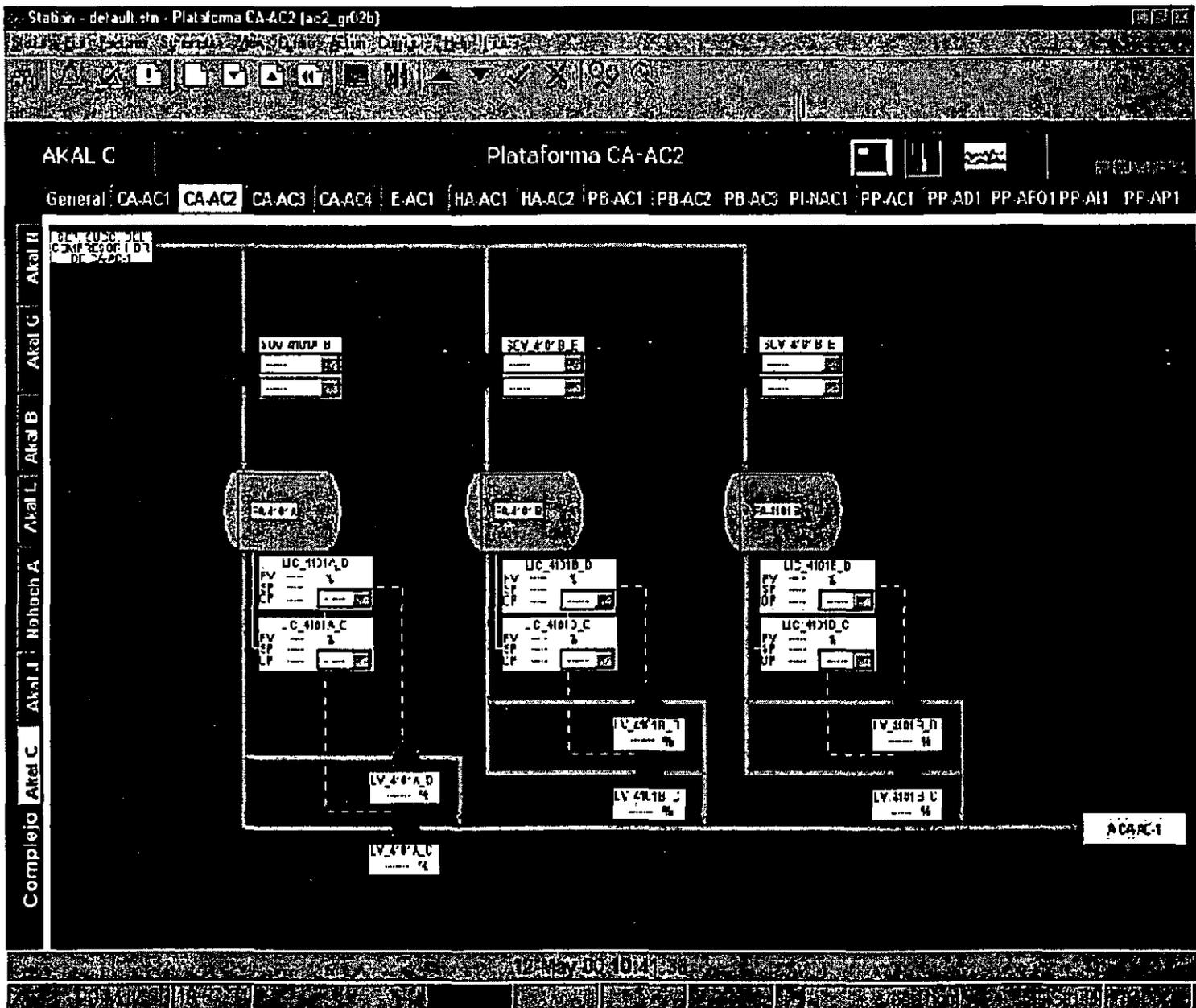


Figura 3. 104. Despliegue gráfico dinámico.

### 3.4 CONFIGURACIÓN DEL PLC

**Objetivo:** El alumno asimilará conceptualmente las diversas formas en que un PLC puede ser programado, así como también la operación de las funciones de control más usuales con las que cuenta.

Configurar un PLC para una determinada automatización, quiere decir diseñar un programa que el mismo ejecute para lograr ese fin; por lo tanto, semánticamente las palabras configurar y programar tendrán el mismo significado, para los fines de los temas sobre PLC's aquí expuestos.

Existen tres formas o ambientes para el desarrollo de programas a ejecutarse por un PLC, las cuales son:

- 1.- **Ambiente gráfico tipo diagrama de escalera**, el cual está orientado a llevar a cabo la configuración mediante la representación visual de mímicos que se asemejan a la representación del diagrama de escalera que se emplearía si el CLS se realizara con lógica alambrada.
- 2.- **Ambiente gráfico tipo diagrama de bloques**, donde el usuario interconecta los diversos bloques funcionales que realizarían un determinado CLS.
- 3.- **Ambiente de tipo texto**, en este caso el usuario declara cada bloque funcional mediante una o varias líneas de texto, la sintaxis asociada varía de uno a otro fabricante.

Los detalles acerca del ambiente de tipo texto pueden consultarse en los manuales de usuario asociados con cada marca de PLC, en este curso casi siempre se manejará el ambiente de tipo diagrama de escalera, entre otras razones por ser el que la gente de campo le parece más natural, dada su gran experiencia con las realizaciones de automatizaciones empleando lógica alambrada.

Recordamos aquí también que la interfaz de operación, es el medio que el usuario emplea para introducir su programa en alguno de los tres ambientes de configuración.

## Operación elemental de un diagrama de escalera virtual

Los *escalones* de un diagrama de escalera virtual, pueden estar integrados por un conexionado simbólico de elementos virtuales, que en alguna forma refleja el conexionado físico cuando la aplicación se realiza con lógica alambrada. A los escalones los denominaremos aquí además como **líneas**.

De esta manera, para el usuario, la lógica requerida se realiza de una forma similar a lo que sucede cuando la misma se realiza con el conexionado físico de contactos de relevadores y bobinas de los mismos.

En la imagen asc 3.12 se muestran dos escalones ejemplo, uno realiza una función de seguimiento lógico, el otro realiza una inversión lógica.

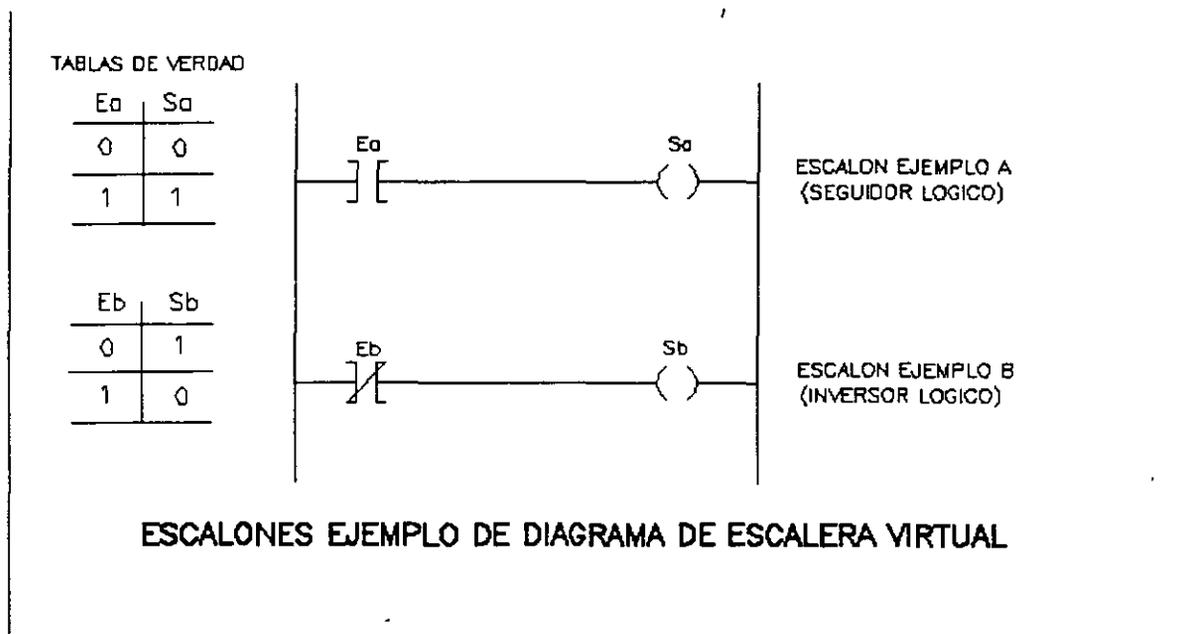


Imagen asc 3.12

Los escalones en los diagramas de escalera virtuales pueden contener elementos tales como:

a) **Contactos virtuales**, asociados con variables binarias ya sea de entrada, salida o bien

*intermediarias*, tales contactos se cierran virtualmente cuando la variable asociada con los mismos toma el valor uno lógico.

- En ocasiones se requiere que el contacto virtual se abra cuando su variable asociada tome el valor uno lógico, a un contacto de este tipo se le representa con una diagonal a través del mismo; estos últimos juegan el mismo papel que los contactos normalmente cerrados en la lógica alambrada.
- **Los contactos virtuales se localizan en la parte izquierda de las ramas.**

**b) Salidas virtuales**, asociadas con variables binarias de salida o *intermediarias*; tales salidas presentarán un valor lógico dependiendo del estado de los elementos que le preceden en el escalón, así en la primera línea mostrada la salida **Sa** será uno lógico cuando la entrada **Ea** sea uno lógico ya que el contacto virtual asociado estaría cerrado, en otro caso la salida sería cero lógico; nótese que para la línea ejemplo B el contacto se cierra cuando la entrada correspondiente es cero lógico, de esta manera la variable de salida **Sb** será cero lógico cuando la entrada **Eb** sea uno lógico. **Las salidas virtuales se localizan en la parte derecha de las líneas.**

c) Bloques funcionales virtuales tales como latches y temporizadores entre otros.

**Las variables binarias intermediarias no están asociadas con una entrada o salida física, sino que son simplemente *internas* a la realización de la lógica asociada con un determinado CLS.**

#### **Procesamiento de un diagrama de escalera virtual**

Los diagramas de escalera virtuales son procesados por los PLC's por medio de software propio de cada marca en particular, dicho software procesa el diagrama de escalera virtual línea por línea de arriba hacia abajo, cada línea se procesa de izquierda a derecha.

En la imagen esc. 3.15 se esquematiza en general el procesamiento que lleva a cabo el PLC.

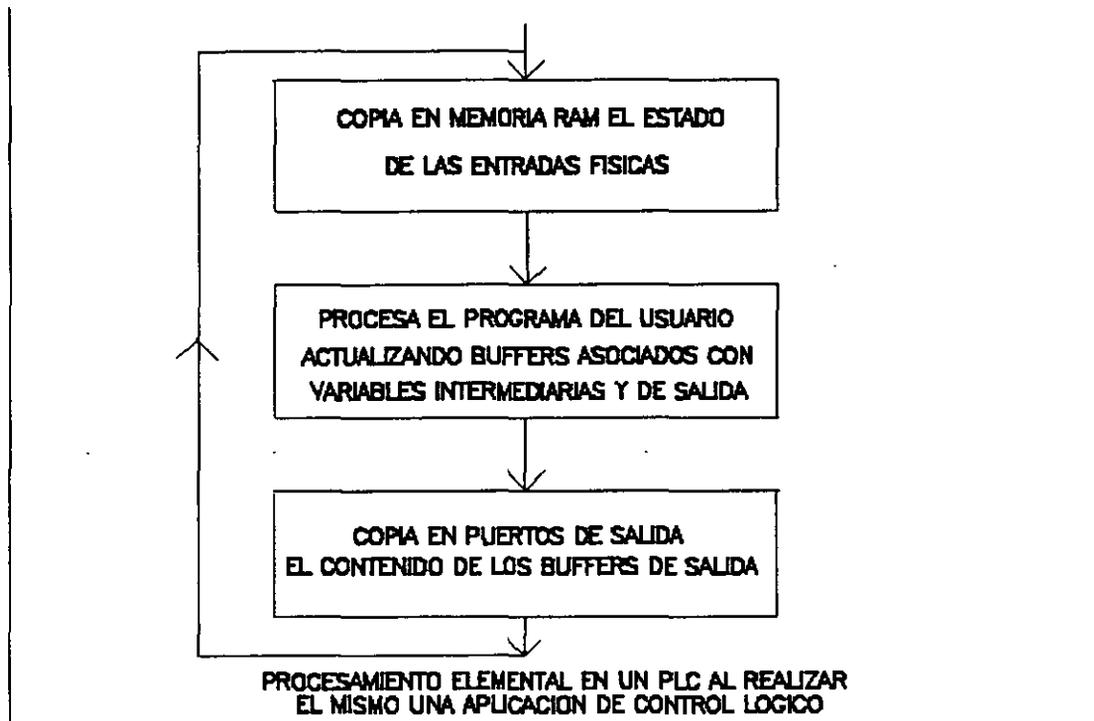


Imagen ase 3.15

En general los pasos que sigue un PLC al realizar el CLS requerido por una aplicación son:

- a) Copia en localidades de memoria RAM el estado de las variables físicas de entrada; al conjunto de localidades empleadas se le denomina como buffer de entradas o archivo de entradas.
- b) Procesa las líneas del diagrama de escalera virtual declarado por el usuario empleando alguna interfaz proporcionada por el fabricante, al hacer esto se actualiza lo que proceda ya sea el buffer en RAM que testifica el estado de las variables físicas de salida, o bien si es el caso el buffer en RAM donde se almacena el estado de las variables intermedias que la aplicación pudiera emplear.
- c) Copia en los puertos físicos asociados con las variables de salida, el estado de las mismas contenido en el buffer de RAM correspondiente a las variables físicas de salida.
- d) Regresa al paso “a”.

Al repetirse indefinidamente el lazo descrito anteriormente, el CLS declarado por el usuario, es realizado por el PLC, a cada ciclo del procesamiento se le llama *barrido* o *scan*.

## Registros

Para la operación de varias de las funciones propias de un PLC, se requiere del empleo de datos almacenados en forma binaria en receptáculos electrónicos que diversos fabricantes llaman registros; de hecho, los mismos pueden ser localidades de memoria RAM, a cada registro se le asigna una serie de números y/o letras que lo identifica, a la cual a veces se le llama *dirección* ( **address** ). Los registros pueden ser de 4, 8, 16 ó 32 bits; en general existen tres tipos de registros los cuales son:

- a) **Registros de almacenamiento temporal**, denotados frecuentemente como registros **HR** ( del inglés  **Holding Register** ); cada registro individual se designa con el par de letras HR seguidas por un número que identifica al mismo. Este tipo de registros son empleados entre otros bloques funcionales tales como los temporizadores, para almacenar el tiempo implicado como un múltiplo de un intervalo de tiempo prefijado, digamos por ejemplo .1 seg; en ocasiones se requerirá que un cierto número de registros HR tengan un valor prefijado antes de la ejecución de un programa, esta asignación de valores la hace el programador en un área del programa asignada para datos, esto mediante la interfaz de operación, los detalles acerca de cómo se podrían precargar los registros HR pueden variar de un fabricante a otro. El número de registros HR disponibles para cada PLC varía también con la marca del mismo.
- b) **Registros de grupos de entrada**, denotados frecuentemente como registros **IGR** ( del inglés  **Input Group Register** ); estos registros contendrán una copia del status binario de un determinado grupo o módulo de entradas físicas y se designan con el par de letras IG seguidas por un número que identifica el grupo de entradas asociado, estos registros actualizan su valor en cada ciclo de barrido al ejecutarse el programa de aplicación.
- c) **Registros de grupos de salida**, denotados frecuentemente como registros **OGR** ( del inglés  **Output Group Register** ); estos registros contendrán una copia del status binario de un determinado grupo o módulo de salidas físicas y se designan con el par de letras OG seguidas por un número que identifica el grupo de entradas asociado, estos registros actualizan su valor en cada ciclo de barrido al ejecutarse el programa de aplicación.

### 3.4.1 Funciones de control

Para llevar a cabo el control lógico de un proceso los PLC's emplean bloques funcionales realizados mediante software, cada uno de ellos realiza virtualmente lo que aquí denominaremos como **función de control ( FC ) o módulo lógico ( ML )**, las FC son en alguna forma similares para los diversos PLC's existentes en el mercado industrial, aunque la forma a detalle de como para cada marca las mismas son realizadas, o bien la sintaxis para declararlas varia de un fabricante a otro.

Los módulos lógicos son bloques funcionales tales como el temporizador con retardo a la desactivación, utilizado en el ejemplo de automatización de la introducción.

Una determinada automatización se realiza mediante el concurso de uno o varias funciones de control, que procesarán variables binarias ligadas con sensores de proceso, para generar los niveles lógicos que deberán tener variables binarias de salida ligadas con actuadores; de esta forma, el programa a ejecutarse en el PLC será, desde el punto de vista del usuario que lo configura, el conjunto de declaraciones en modo gráfico o de texto, que representan a los módulos lógicos requeridos para un determinado problema que se resuelva con el PLC.

Las funciones de control más comunes a los PLC's son:

- a) Seguidor e inversor lógico.
- b) Compuertas lógicas AND de dos, tres y cuatro entradas.
- c) Compuertas lógicas NAND de dos, tres y cuatro entradas.
- d) Compuertas lógicas OR de dos, tres y cuatro entradas.
- e) Compuertas lógicas NOR de dos, tres y cuatro entradas.
- f) Temporizadores con retardo a la activación ( on – delay ).
- g) Temporizadores con retardo a la desactivación ( off – delay ).
- h) Temporizadores monodisparo ( one shot ).
- i) Temporizadores astables.
- j) Contadores.
- k) Biestable RS ( Latch ).
- l) Secuenciadores.

Las funciones de control o módulos lógicos, se pueden ver genéricamente como bloques virtuales cuyas entradas pueden ser variables binarias físicas de entrada, salida o bien

variables intermediarias ( de interlock ), y por lo que toca a las salidas las mismas podrán ser variables físicas de salida o bien variables intermediarias. Es importante destacar además, que una determinada variable binaria del PLC **no podrá aparecer como salida de más de una función de control.**

A continuación se describe el funcionamiento de los módulos lógicos mencionados, las representaciones gráficas empleadas en las explicaciones son genéricas, las mismas podrán tener algunas variantes para un determinado PLC comercial; sin embargo, para los fines didácticos de este curso lo que importa es el concepto que hay detrás de cada función de control y su potencial aplicación en el control lógico de procesos.

(PS1\_1, PS1\_2, PS1\_3, PS1\_4, PS1\_5, PS1\_6)

### Seguidor lógico

Este módulo lógico tiene una entrada y una salida, su función es copiar en la salida el nivel lógico presente en su entrada. En la imagen ase 3.23 se ilustra como se representa esta función en el ambiente de diagrama de escalera virtual y en el de bloques, se presenta además un ejemplo de declaración y el conexionado físico al PLC.

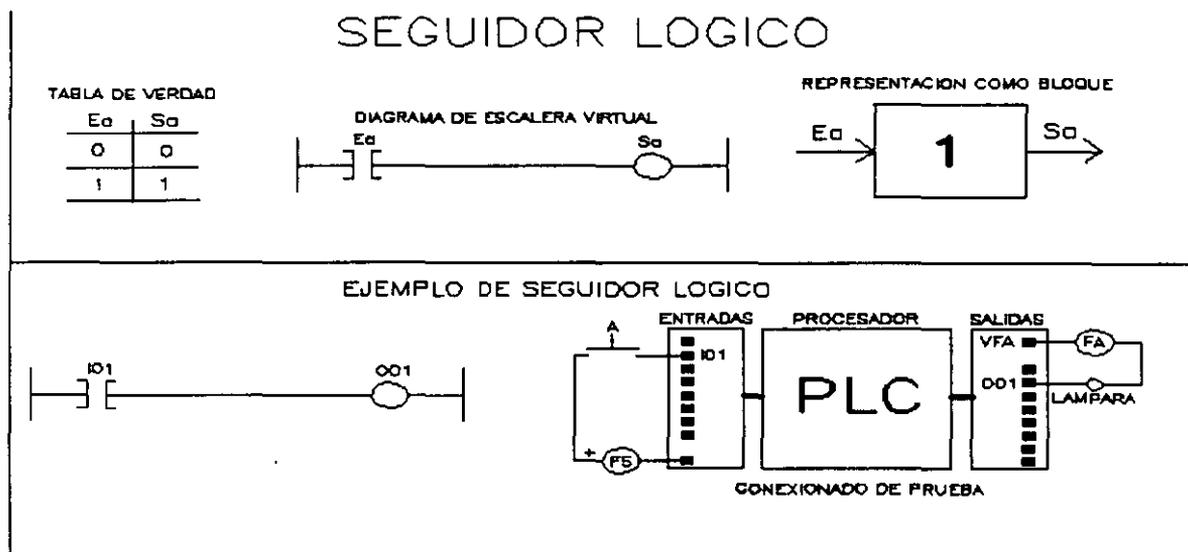


Imagen ase 3.23

Al presionar el botón A la entrada física I01 toma el nivel uno lógico cerrándose el contacto virtual asociado, lo que hace que la salida física O01 tome el valor uno lógico, apareciendo entonces la tensión de 120 VAC en la terminal de salida asociada encendiendo el foco

testigo, en caso de que se suelte el botón A, el contacto virtual asociado se abre poniéndose en cero lógico la salida **O01** lo cual hace que desaparezca la tensión de la fuente de actuadores en la terminal física de salida empleada apagándose el foco testigo.

## Inversor lógico

Este módulo lógico tiene una entrada y una salida, su función es copiar en la salida el complemento del nivel lógico presente en su entrada. En la imagen ase 3.24 se ilustra como se representa esta función en el ambiente de diagrama de escalera virtual y en el de bloques, se presenta además un ejemplo de declaración y el conexiónado físico al PLC.

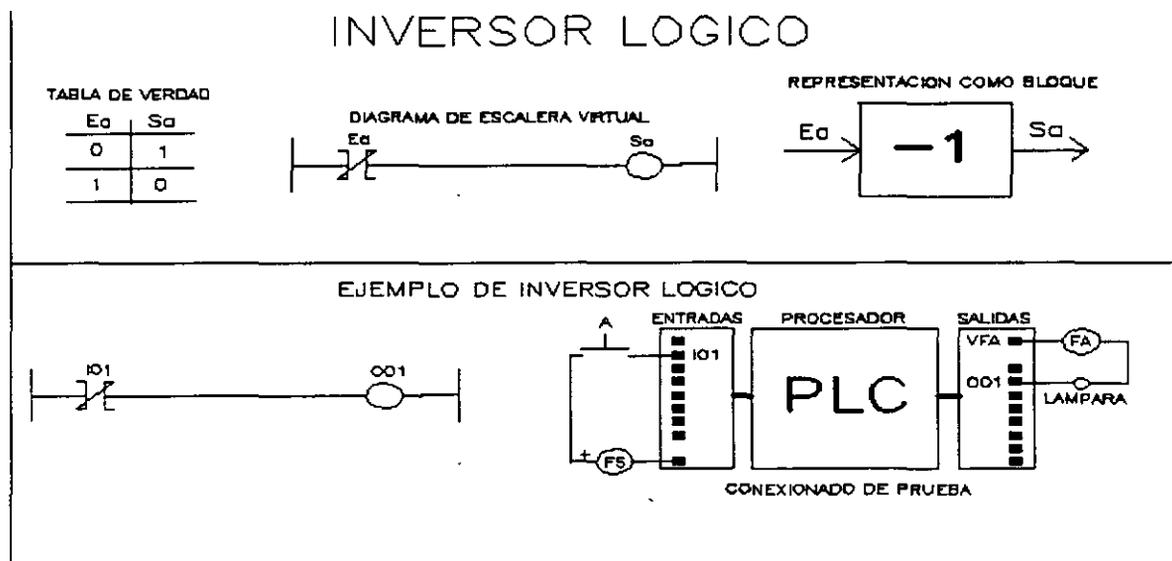


Imagen ase 3.24

Al presionar el botón A la entrada física **I01** toma el nivel uno lógico abriéndose el contacto virtual asociado, lo que hace que la salida física **O01** tome el valor cero lógico, desapareciendo entonces la tensión de 120 VAC en la terminal de salida asociada, apagándose el foco testigo, en caso de que se suelte el botón A, el contacto virtual asociado se cierra poniéndose en uno lógico la salida **O01**, lo cual hace que aparezca la tensión de la fuente de actuadores en la terminal física de salida empleada iluminándose el foco testigo.

## Compuertas lógicas AND de dos, tres y cuatro entradas

Estas compuertas presentarán un nivel de uno lógico en su salida cuando cada una de sus entradas tenga el valor de uno lógico, en otro caso el nivel de la salida será cero lógico.

En las tres siguientes imágenes ( asc 3.25, asc 3.26, asc 3.27 ) se ilustra la representación como bloque y diagrama de escalera virtual para compuertas AND de dos, tres y cuatro entradas; se muestra también un conexionado ejemplo y el diagrama de escalera virtual asociado.

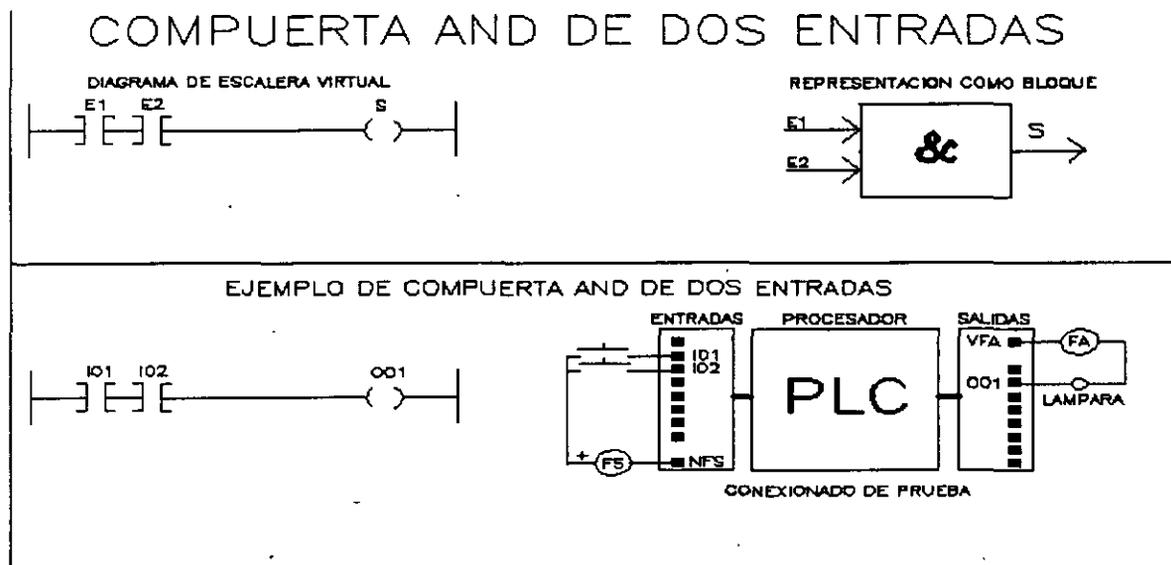


Imagen asc 3.25

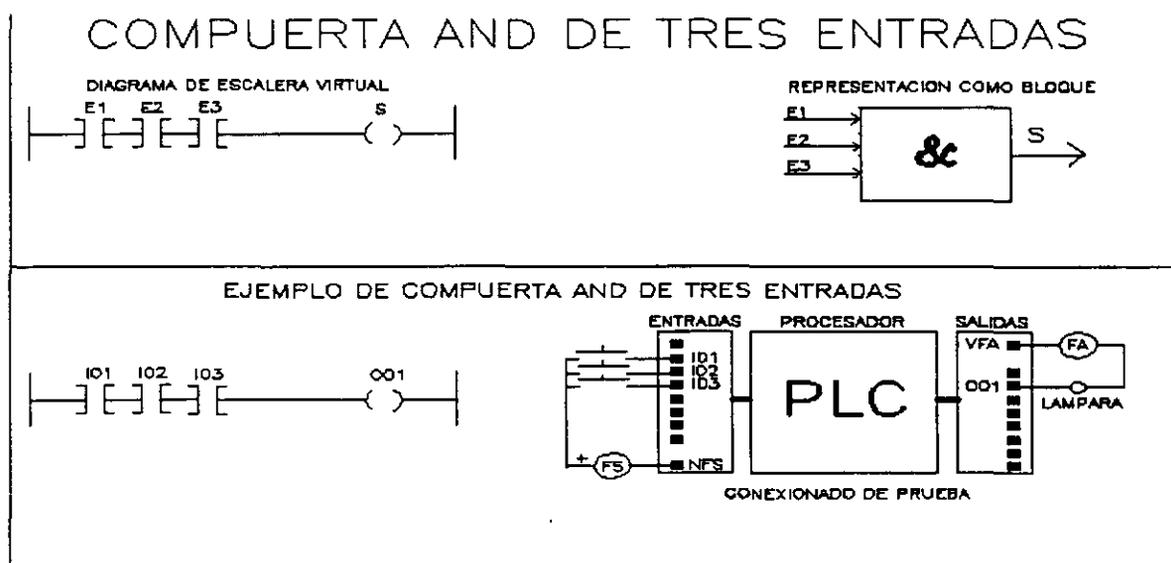


Imagen asc 3.26

# COMPUERTA AND DE CUATRO ENTRADAS



## EJEMPLO DE COMPUERTA AND DE CUATRO ENTRADAS

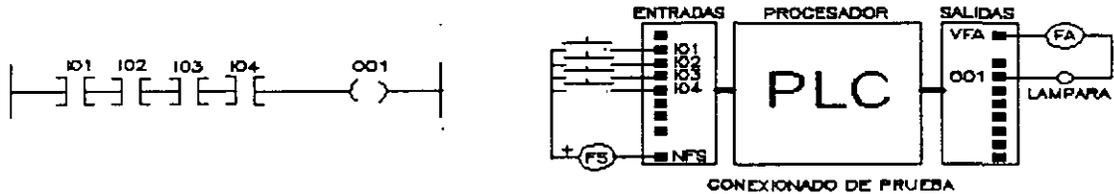


Imagen ase 3.27

## Compuertas lógicas NAND de dos, tres y cuatro entradas

Estas compuertas pueden verse como una compuerta AND seguida por un inversor lógico, por lo tanto se presentará un cero lógico en su salida, siempre que todas las entradas tengan el valor de uno lógico, en otro caso el nivel en su salida será uno lógico.

En las tres siguientes imágenes ( ase 3.28, ase 3.29 y ase 30 ) se ilustra la representación como bloque y diagrama de escalera virtual para compuertas NAND de dos, tres y cuatro entradas; se muestra también un conexionado ejemplo y el diagrama de escalera virtual asociado. Nótese el empleo de una variable intermediaria.

# COMPUERTA NAND DE DOS ENTRADAS



## EJEMPLO DE COMPUERTA NAND DE DOS ENTRADAS

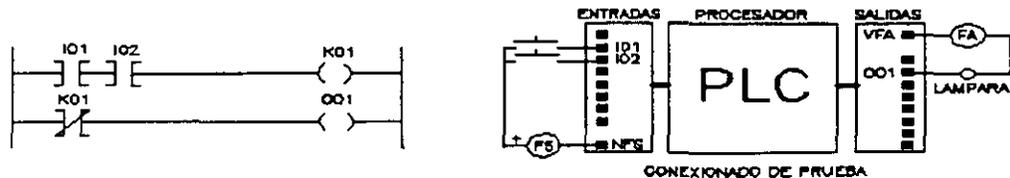


Imagen ase 3.28

## COMPUERTA NAND DE TRES ENTRADAS



### EJEMPLO DE COMPUERTA NAND DE TRES ENTRADAS

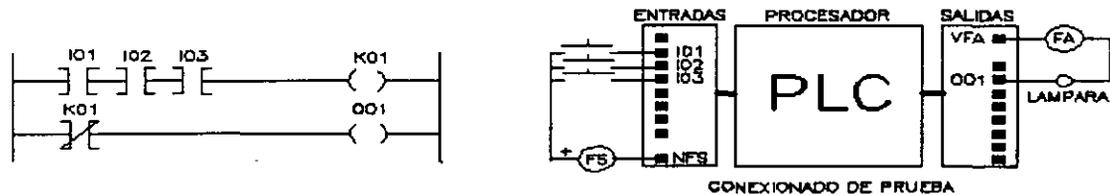


Imagen ase 3.29

## COMPUERTA NAND DE CUATRO ENTRADAS



### EJEMPLO DE COMPUERTA NAND DE CUATRO ENTRADAS

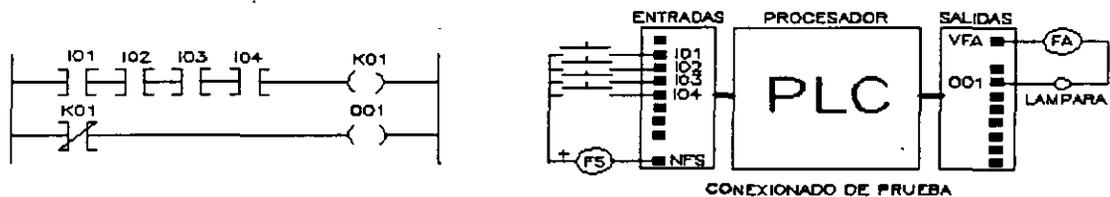


Imagen ase 3.30

### Compuertas lógicas OR de dos, tres y cuatro entradas

Estas compuertas presentarán un nivel de uno lógico en su salida cuando al menos una de sus entradas tenga el valor de uno lógico, en otro caso la salida será cero lógico.

En las tres siguientes imágenes (ase 3.31, ase 3.32 y ase 3.33) se ilustra la representación como bloque y diagrama de escalera virtual para compuertas OR de dos, tres y cuatro entradas; se muestra también un conexionado ejemplo y el diagrama de escalera virtual asociado.

# COMPUERTA OR DE DOS ENTRADAS



## EJEMPLO DE COMPUERTA OR DE DOS ENTRADAS

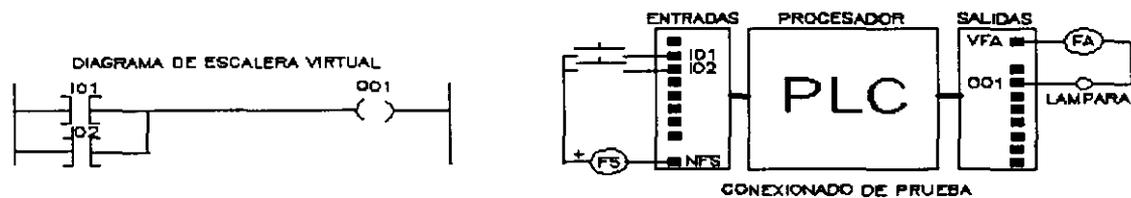


Imagen ase 3.31

# COMPUERTA OR DE TRES ENTRADAS



## EJEMPLO DE COMPUERTA OR DE TRES ENTRADAS

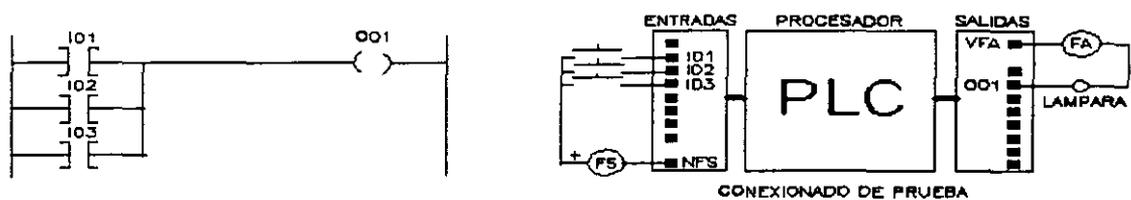


Imagen ase 3.32

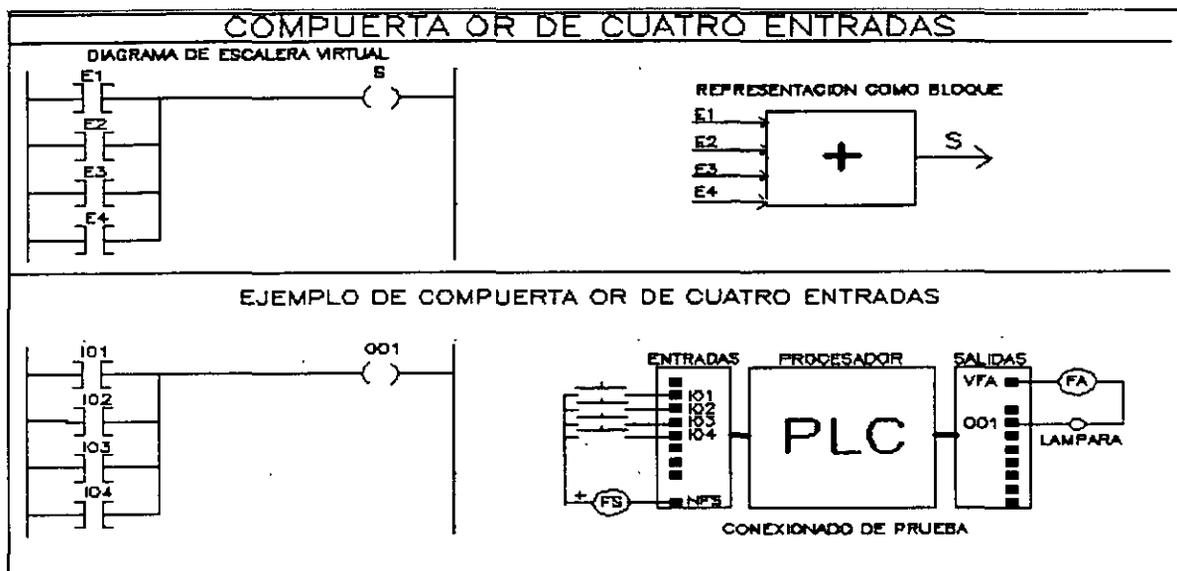


Imagen asc 3.33)

### Compuertas lógicas NOR de dos, tres y cuatro entradas

Estas compuertas pueden verse como una compuerta OR seguida por un inversor lógico, por lo tanto se presentará un cero lógico en su salida, siempre que cuando menos una de las entradas sea uno lógico, en otro caso el nivel en su salida será uno lógico.

En las tres siguientes imágenes ( asc 3.34, asc 3.35 y asc3.36 ) se ilustra la representación como bloque y diagrama de escalera virtual para compuertas NOR de dos, tres y cuatro entradas; se muestra también un conexionado ejemplo y el diagrama de escalera virtual asociado. Nótese el empleo de una variable intermedia.

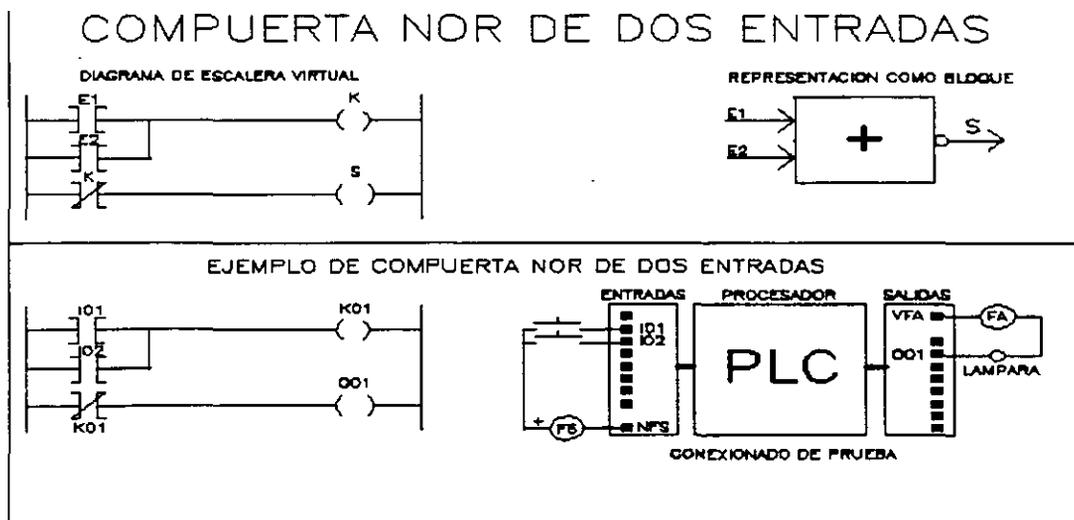


Imagen asc 3.34

# COMPUERTA NOR DE TRES ENTRADAS

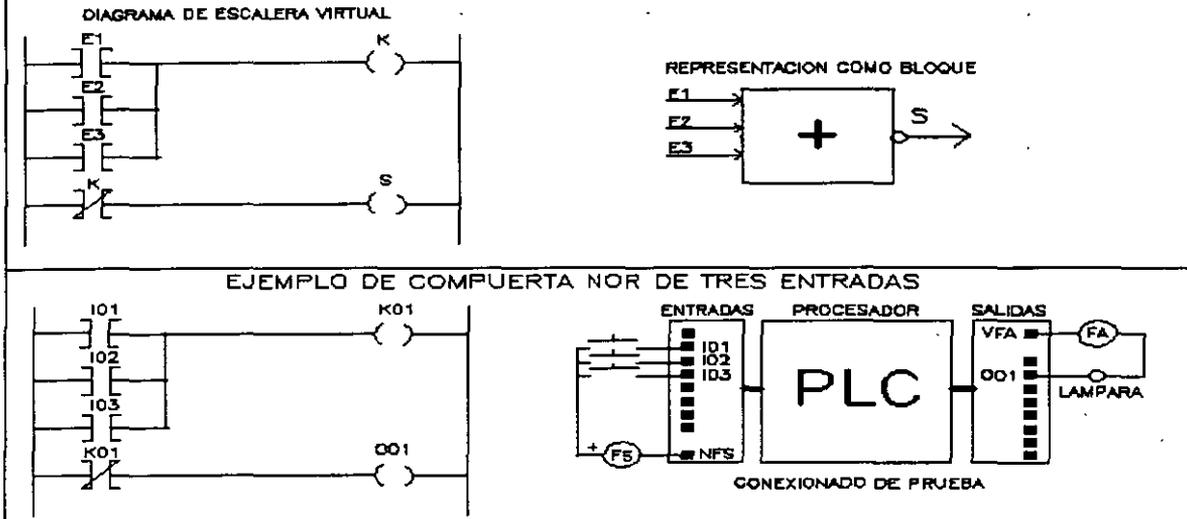


Imagen asc 3 35

# COMPUERTA NOR DE CUATRO ENTRADAS

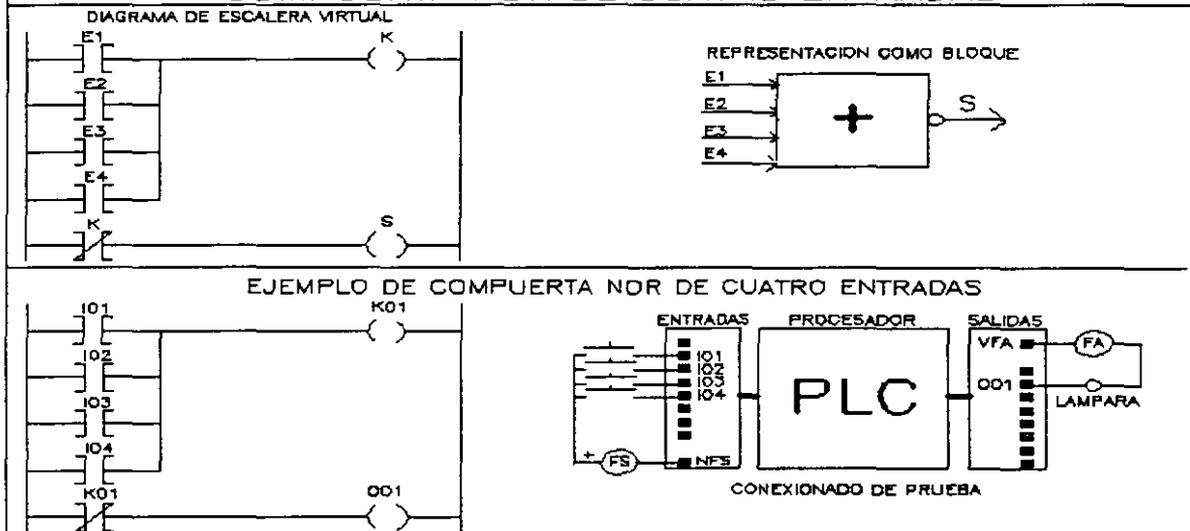


Imagen asc 3 30

## Funcionamiento elemental de los temporizadores

Los temporizadores son funciones de control de uso muy frecuente en el control lógico de procesos, los mismos tienen en común el hecho de que el evento fundamental que realizan es el mantener en su salida un determinado nivel lógico durante un intervalo de tiempo preestablecido por el programador, esto de acuerdo con las necesidades del proceso que se esté automatizando.

Para los temporizadores que los PLC's realizan, los intervalos de tiempo mencionados son generados como la suma de subintervalos de duración fija que aquí denominamos como **STB ( Subintervalo de Tiempo Base )**; por lo tanto, si denominamos al intervalo de tiempo a generar como ITG y al número de subintervalos requeridos como el **entero NSR**, este último valor se obtendría mediante la siguiente ecuación:

$$NSR = \frac{ITG}{STB}$$

De esta forma, el intervalo de tiempo a generar deberá ser un múltiplo entero del valor STB del subintervalo que se esté usando. Valores típicos que puede tener STB son: **.01 seg, .1seg, 1 seg y 10 seg.**

Por ejemplo, si se desea generar un intervalo de tiempo de diez segundos y el valor de STB es de 0.1 seg el valor de NSR requerido será cien.

Los temporizadores tendrán asociado algún registro, que frecuentemente es del tipo de almacenamiento (HR), donde se lleva una cuenta de cuantos subintervalos han pasado a partir del momento en que inicia el evento que ha de durar el intervalo de tiempo a generar, cuando la cuenta llega al valor NSR el software identifica que ha transcurrido el intervalo de tiempo a generar y procede en consecuencia.

De lo anterior se desprende que al declarar un temporizador en un PLC, de alguna forma el usuario deberá especificar lo siguiente:

- a) El valor de NSR requerido.
- b) El registro de almacenamiento HR a emplear, que tendrá que ser alguno que no esté siendo usado por otro módulo lógico.
- c) El valor del STB a emplear.

En algunos PLC's el usuario especificaría el intervalo de tiempo a generar y el valor de STB a emplear, siendo el registro que lleva la cuenta asignado por el software, esto de entre un grupo de ellos reservado para uso de los temporizadores.

Los temporizadores manejados en este curso se representarán como bloques funcionales de dos entradas y una salida, en la imagen asc 3.37 se aprecia la forma genérica de representación de los mismos.

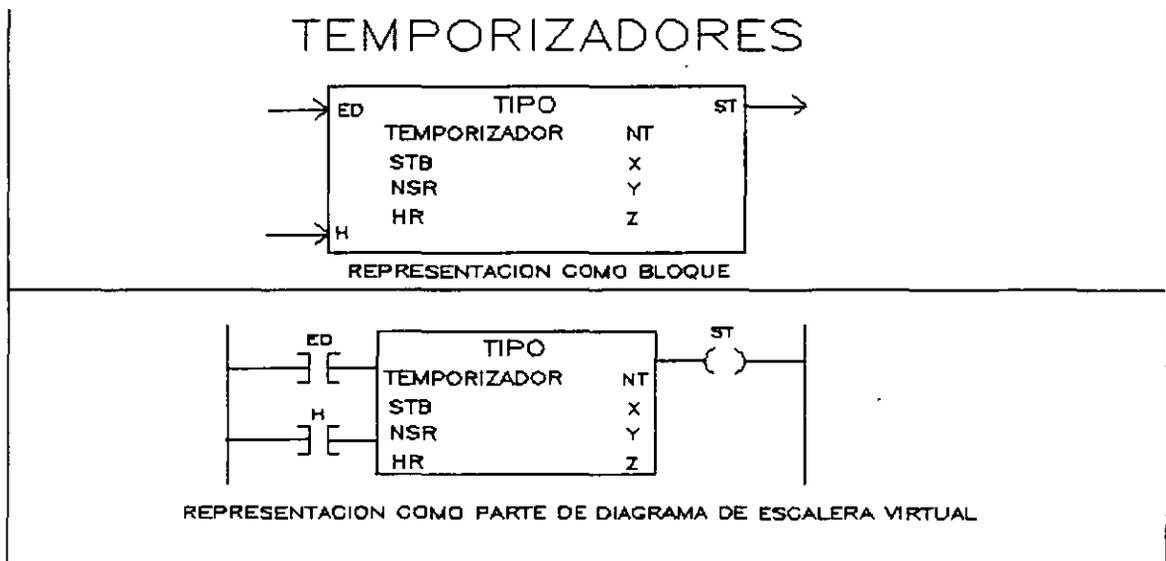


Imagen asc 3.37

Las variables de entrada y salida son:

- a) Entrada de disparo, que aquí denominamos como ED.
- b) Entrada de habilitación, que aquí denominamos como H.
- c) Salida, que aquí denominamos como ST.

En la representación genérica mostrada, las literales que aparecen a la derecha representan lo siguiente:

**TIPO** es una cadena de caracteres que denota el tipo de temporizador.

**NT** es el número de temporizador empleado.

**X** representa el valor del subintervalo de tiempo base a emplear.

**Y** representa el número de subintervalos base requeridos para generar el tiempo ITG deseado.

Z indica el número de registro HR a emplear para llevar la cuenta requerida.

### Temporizadores con retardo a la activación ( on – delay )

Este temporizador es un bloque funcional que aquí denotaremos con la cadena de caracteres **TRA**, en la imagen ase 3.38 se muestra una representación gráfica de las señales de entrada y salida del mismo.

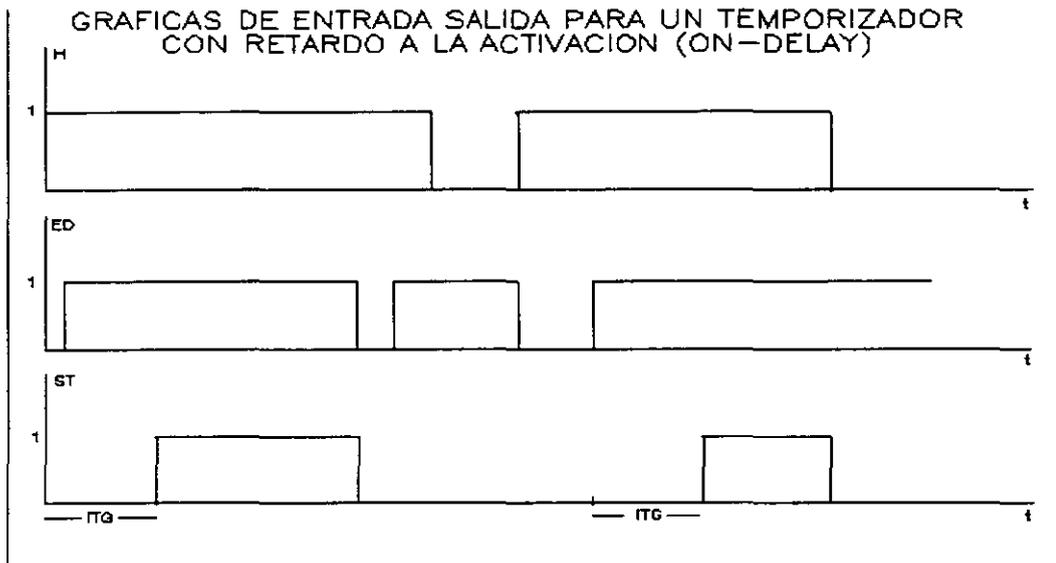


Imagen ase 3.38

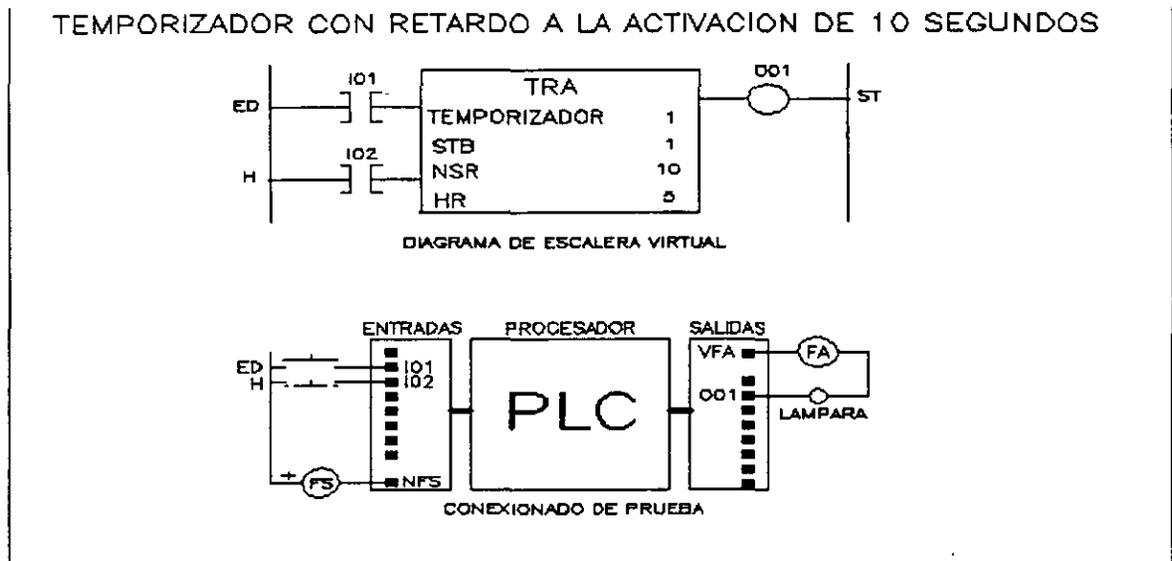
Si la entrada H es cero, el contador del temporizador es retornado a cero y su salida ST pasa al nivel cero lógico, esto independientemente del valor que pueda tener la entrada ED o la salida ST.

En caso que la entrada H sea uno el temporizador operará de la siguiente forma:

Estando inicialmente la salida ST y la entrada ED en cero lógico; cuando la entrada ET toma el valor de uno lógico la salida ST tomará este valor después que ha transcurrido el intervalo de tiempo a generar ITG, al cambiar la entrada ED de uno a cero la salida ST lo hace simultáneamente.

En la imagen ase 3.39 se muestra. un ejemplo donde el retardo a la activación es de 10 segundos, se usa el registro HR número cinco para llevar la cuenta, un tiempo base de un segundo y se le asigna al temporizador el número uno; además a las entradas ED y H se les

asignan respectivamente las entradas físicas I01 e I02 y a la salida ST se le asigna la salida física O10.



Imagenase 3.39

### Temporizadores con retardo a la desactivación ( off – delay )

Este temporizador es un bloque funcional que aquí denotaremos con la cadena de caracteres **TRD**, en la imagen ase 3.40 se muestra una representación gráfica de las señales de entrada y salida del mismo.

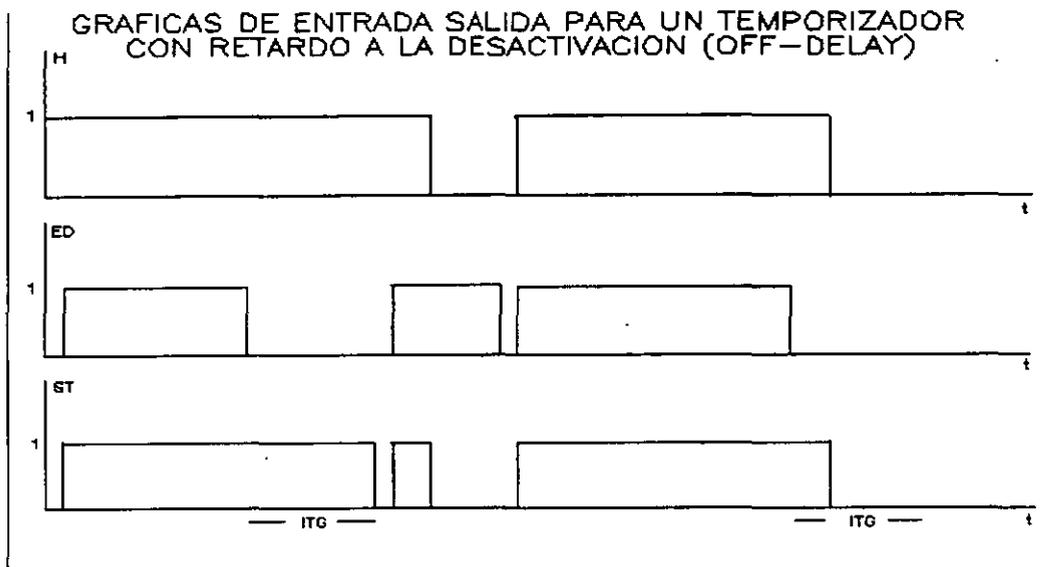


Imagen asc 3.40

Si la entrada H es cero, el contador del temporizador es retornado a cero y su salida ST pasa al nivel cero lógico, esto independientemente del valor que pueda tener la entrada ED o la salida ST.

En caso que la entrada H sea uno el temporizador operará de la siguiente forma:

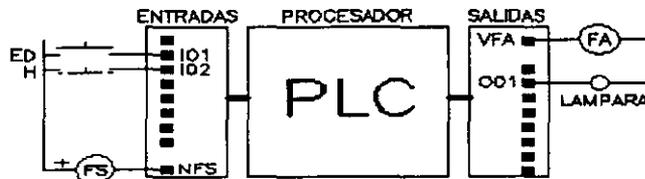
Estando inicialmente la salida ST y la entrada ED en cero lógico; cuando la entrada ED pasa al nivel uno lógico la salida ST lo hará también simultáneamente, al pasar la entrada ED de uno a cero la salida permanecerá en uno durante un intervalo de tiempo preestablecido ITG, una vez transcurrido este último la salida pasará al nivel cero lógico.

En la imagen asc 3.41 se muestra un ejemplo donde el retardo a la activación es de 8 segundos, se usa el registro HR número seis para llevar la cuenta, un tiempo base de un segundo y se le asigna al temporizador el número dos; además a las entradas ED y H se les asignan respectivamente las entradas físicas I01 e I02 y a la salida ST se le asigna la salida física O01.

### TEMPORIZADOR CON RETARDO A LA DESACTIVACION DE 8 SEGUNDOS



DIAGRAMA DE ESCALERA VIRTUAL



CONEXIONADO DE PRUEBA

Imagen ase 3.41

### Temporizadores monodisparo ( one shot )

Este temporizador es un bloque funcional que aquí denotaremos con la cadena de caracteres **TMD**, en la imagen ase 3.42 se muestra una representación gráfica de las señales de entrada y salida del mismo.

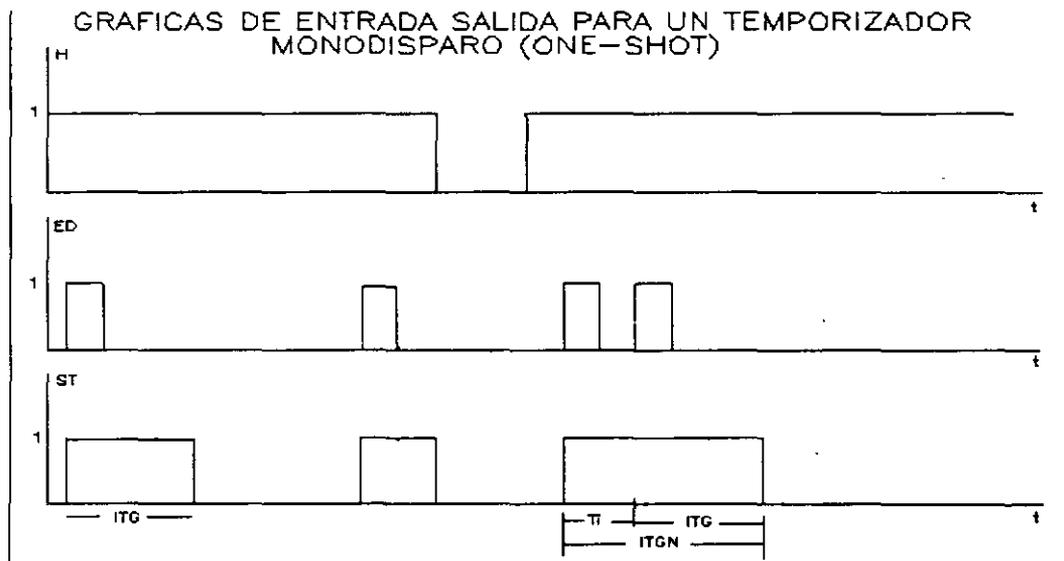


Imagen ase 3.42

Si la entrada H es cero, el contador del temporizador es retornado a cero y su salida ST pasa al nivel cero lógico, esto independientemente del valor que pueda tener la entrada ED o la salida ST.

En caso que la entrada H sea uno el temporizador operará de la siguiente forma:

Estando inicialmente la salida ST y la entrada ED en cero lógico; cuando la entrada ED pasa al nivel uno lógico la salida ST lo hará también simultáneamente y permanecerá en ese nivel por el intervalo de tiempo ITG.

Si durante el tiempo que la salida permanece en uno se da otra transición de cero a uno en la entrada ED, el contador asociado se pone a cero, esto hace que la duración del pulso de salida será un valor que aquí denominamos como ITGN, el cual será mayor que ITG original. Se puede decir que ITGN estaría dado por:

$$ITGN = T_i + ITG$$

Donde  $T_i$  es el intervalo de tiempo que la salida había estado en uno lógico, a partir de la ocurrencia del primer disparo y justo antes de que ocurra el segundo. Se dice entonces que el temporizador monodisparo es *redisparable*, y este modo de operación es el que asumiremos en este curso para este tipo de temporizador.

A un temporizador monodisparo que tenga la característica de no aceptar un disparo adicional mientras transcurre el periodo de tiempo ITG se dice que es *no redisparable*, de hecho, es fácil construir un temporizador monodisparo no redisparable combinando uno que sea disparable con compuertas lógicas.

En la imagen 5-43 se muestra un ejemplo de temporizador mono disparo donde se desea que la duración del pulso sea de 15 segundos, se usa el registro HR número siete para llevar la cuenta, un tiempo base de un 0.1 segundos y se le asigna al temporizador el número tres; además a las entradas ED y H se les asignan respectivamente las entradas físicas I01 e I02 y a la salida ST se le asigna la salida física O01.

### TEMPORIZADOR MONODISPARO CON ITG=15 SEGUNDOS



Imagen ase 3.43

### Temporizadores astables

Este temporizador es un bloque funcional que aquí denotaremos con la cadena de caracteres TA, en la imagen ase 3.44 se muestra una representación gráfica de las señales de entrada y salida del mismo.

#### GRAFICAS DE ENTRADA SALIDA PARA UN TEMPORIZADOR ASTABLE

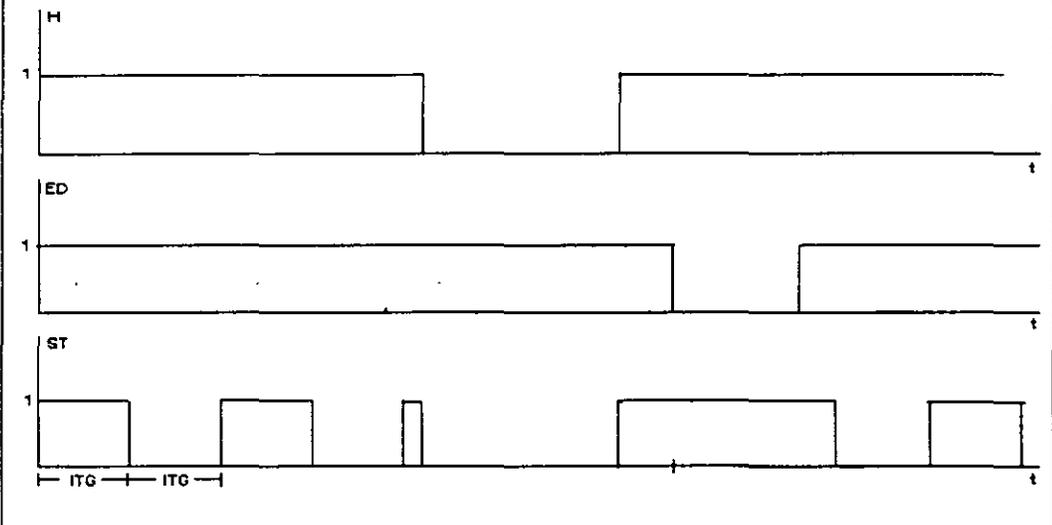


Imagen ase 3.44

Si la entrada H es cero, el contador del temporizador es retornado a cero y su salida ST pasa al nivel cero lógico, esto independientemente del valor que pueda tener la entrada ED o la salida ST.

En caso que la entrada H sea uno el temporizador operará de la siguiente forma:

Estando la entrada ED en uno lógico la salida ST pasa al nivel uno lógico durante un tiempo que dura ITG en seguida de lo cual la misma pasa al nivel cero lógico por un tiempo igual ( ITG ), repitiéndose esto indefinidamente.

Si la entrada ED pasara al nivel de cero lógico la cuenta se detiene, y mientras ED se mantenga en cero la salida permanece en el nivel que la misma haya tenido al darse este cambio de nivel en ED.

Al restaurarse el nivel de uno lógico en ED se restablece el funcionamiento normal, aunque la cuenta prosigue a partir del valor que tenía al darse la transición de uno a cero en ED.

En la imagen ase 3.45 se muestra. un ejemplo donde el valor de ITG es de cinco segundos, se usa el registro HR número ocho para llevar la cuenta, un tiempo base de un segundo y se le asigna al temporizador el número cinco; además a las entradas ED y H se les asignan respectivamente las entradas físicas I01 e I02 y a la salida ST se le asigna la salida física O01.

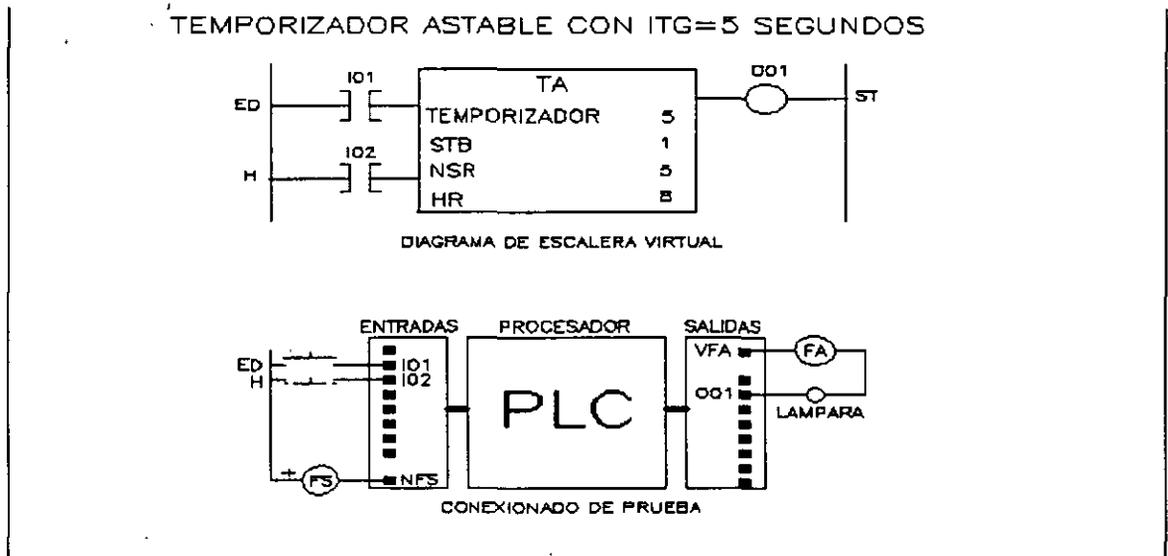


Imagen ase 3.45

**Nota**

Los temporizadores aquí expuestos son los más comunes y con ellos pueden atacarse una gran variedad de aplicaciones; sin embargo, cada marca en particular de PLC puede presentar variantes de forma aunque no de fondo en relación a estas funciones de control, algunos fabricantes pueden ofrecer más tipos de temporizador, otros ofrecen sólo una ( ON – DELAY ) y a partir de éste último y alguna lógica auxiliar pueden realizarse los otros tipos aquí expuestos y algunos más.

Las diversas maneras para declarar los temporizadores también pueden tener algunas variantes de un fabricante a otro.

### Contadores

Los contadores realizados por los PLC's son bloques funcionales con dos entradas y una salida, los mismos pueden hacer cuentas ascendentes o descendentes; la cuenta se actualiza cada vez que se detecta un flanco de cero a uno en una entrada que aquí denominaremos como EC.

En la imagen ase 3.46 se muestran las representaciones gráficas usuales para este tipo de función de control.

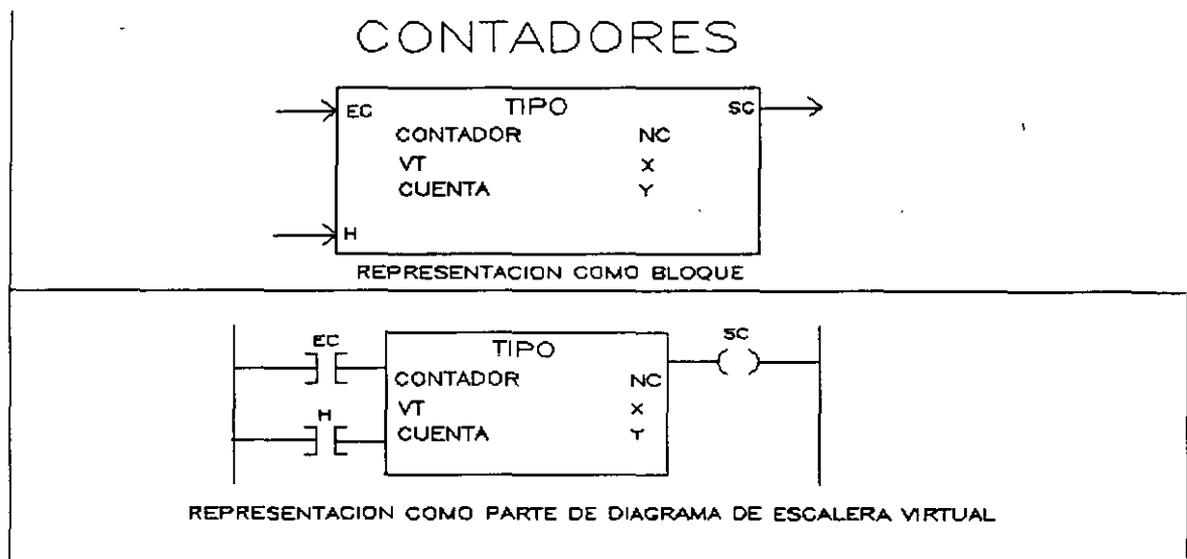


Imagen ase 3.46

Las variables de entrada y salida son:

- a) Entrada de cuenta, que aquí denominamos como EC.
- b) Entrada de habilitación, que aquí denominamos como H.

c) Salida, que aquí denominamos como SC.

En la representación genérica mostrada, las literales que aparecen a la derecha representan lo siguiente:

**TIPO** es una cadena que denota si el contador es ascendente o descendente, aquí se usarán las siglas CA cuando el contador sea ascendente, en otro caso se emplearán las siglas CD.

**NC** es el número de temporizador empleado del funcionamiento elemental del mismo es como sigue:

**X** representa el **valor tope ( VT )** de la cuenta a emplear.

**Y** representa el número de registro de almacenamiento HR donde se llevará la cuenta.

Al estar la entrada H en el nivel cero lógico el contador se **inicializa**, esto implica que la salida SC toma el valor cero lógico y el registro que llevará la cuenta es cargado con el valor inicial requerido, que será cero para un contador ascendente; o bien un valor tope para un contador descendente.

Para un contador ascendente el funcionamiento elemental del mismo es como sigue:

Estando el contador inicializado, cada vez que hay una transición de cero a uno lógico en la entrada EC se incrementa la cuenta, cuando la misma llega al valor tope, la salida pasa al nivel uno lógico.

Para un contador descendente el funcionamiento elemental del mismo es como sigue:

Estando el contador inicializado, cada vez que hay una transición de cero a uno lógico en la entrada EC se decrementa la cuenta, cuando la misma llega a cero, la salida pasa al nivel uno lógico.

En la imagen asc 3.47 se muestran como ejemplo dos contadores, uno ascendente con un valor tope de diez y uno descendente con valor tope de 20; al primero se le asigna el número uno y se designan para EC y H respectivamente a las entradas I11 e I12, para SC se emplea la salida O11, el registro de almacenamiento HR a emplear es el diez; para el segundo se asigna el número dos, y se designan para EC y H respectivamente a las entradas

I14 e I15, para SC se emplea la salida O13; el registro de almacenamiento HR a usar es el once.

## CONTADORES EJEMPLO

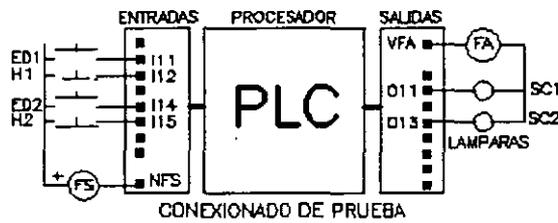
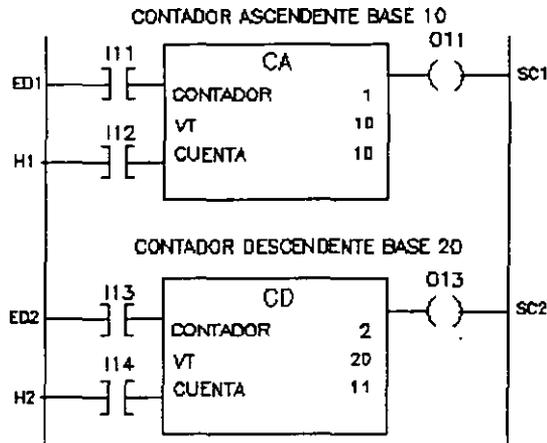


Imagen asc 3-47

### Biestable RS ( Latch )

La representación, aquí empleada, como bloque y como tramo de diagrama de escalera virtual de esta función de control, se muestra en la imagen asc 3-48.

## REPRESENTACIONES GENERICAS PARA EL LATCH RS



REPRESENTACION COMO BLOQUE

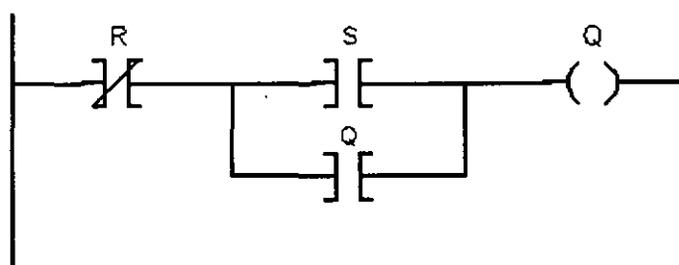


DIAGRAMA DE ESCALERA VIRTUAL

Imagen asc 3.48

En la imagen asc 3.48 **NL** representa el número de latch, el cual es asignado por el usuario.

Esta función de control opera de la siguiente forma:

Si las entradas **R** y **S** tienen el valor cero lógico la salida **Q** no cambia de nivel lógico; en caso de que la entrada **R** sea uno lógico la salida pasa al nivel cero lógico, esto sin importar el nivel que tenga la entrada **S**; cuando la entrada **S** toma el valor uno lógico y la entrada **R** tiene el nivel cero lógico la salida pasa al nivel uno lógico, **en el caso de que ambas entradas tomen simultáneamente el nivel uno lógico la salida pasa a tomar el valor cero lógico**; esto último se debe al orden en que se procesan los elementos de un diagrama de escalera virtual.

### Nota

**En un latch de este tipo realizado no virtualmente con un PLC sino con elementos electrónicos físicos, la situación de que las dos entradas ( R y S ) sean uno lógico simultáneamente, conduce a una indeterminación lógica en la salida Q.**

En la imagen asc 3.49 se ilustra el tramo de diagrama de escalera virtual asociado con la realización en un PLC de un latch RS, se muestra también la representación como bloque asignándose al módulo el número uno; para R y S se usan las entradas I24 e I25 y para Q se emplea la salida O15.

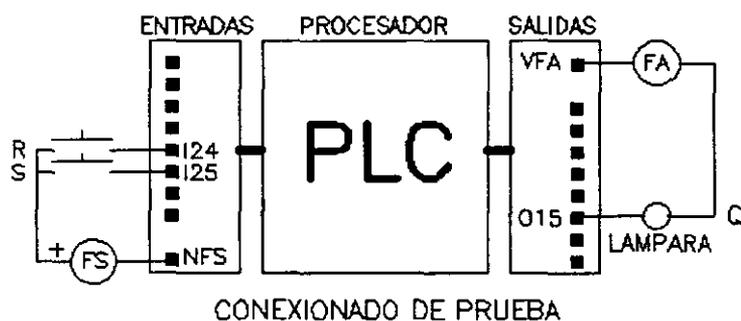
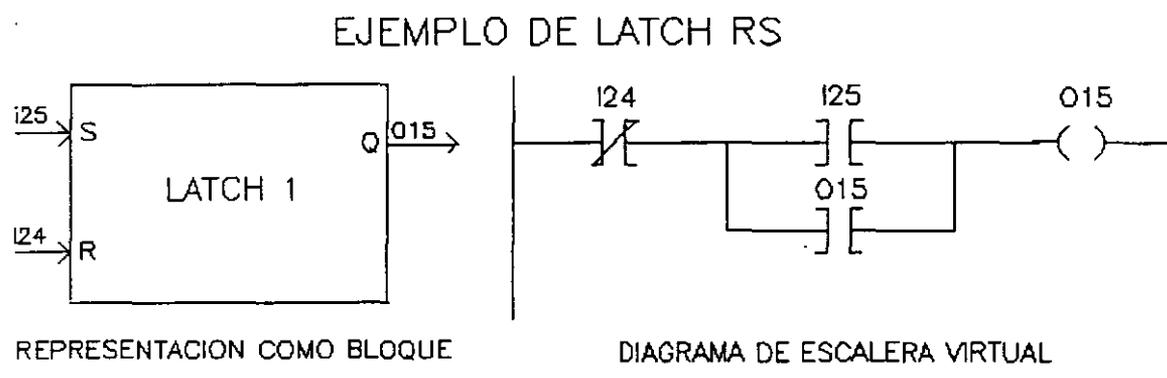


Imagen asc 3.49

### Secuenciadores

Esta función de control permite que un conjunto de salidas tome perfiles de valores diversos, los cuales deben haber sido cargados previamente por el usuario en sendos registros de almacenamiento sucesivos, cada perfil de valores será un conjunto de unos y ceros que se pueden asociar con el valor que como número en representación binaria le corresponde al perfil de unos y ceros en cada caso.

El número de perfiles puede ser desde dos, hasta el que soporte la infraestructura del PLC empleado; a los perfiles a veces se les denomina como estados.

Los perfiles de valores asignados, son colocados en las salidas designadas, esto en forma secuencial y se hace el cambio al siguiente que corresponda, cada vez que se detecta una transición de cero lógico a uno lógico en una entrada que aquí denominamos como **EP**.

El número de salidas asociadas varía de acuerdo al tipo de PLC, por lo regular será 8 ó 16. En este curso se trabajará con secuenciadores que tienen asociados 8 salidas; en el caso de que se requieran menos de 8 salidas esto se puede configurar como se explicará más adelante; si se requieren más de 8 salidas siempre se pueden usar dos o más secuenciadores. La representación, aquí empleada, como bloque y como tramo de diagrama de escalera virtual para esta función de control, se muestra en la imagen asc 3.50.

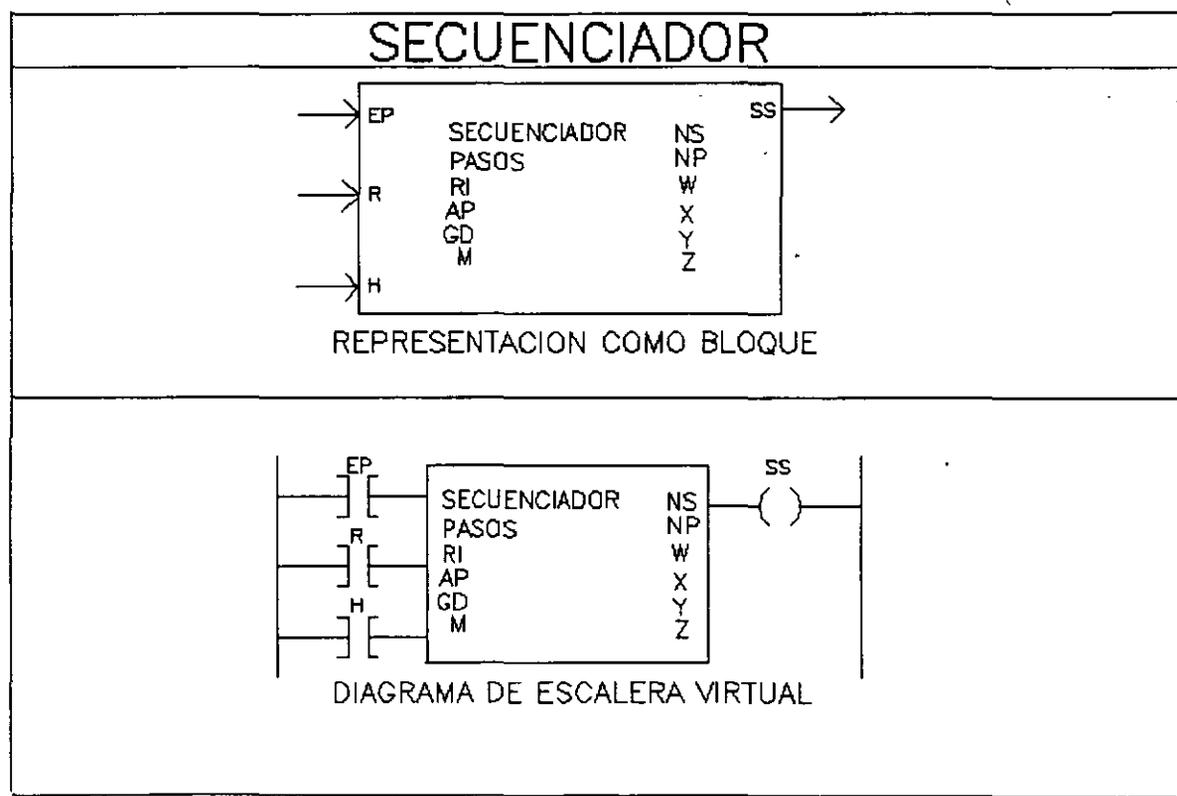


Imagen asc 3.50

Este módulo lógico cuenta con tres entradas y una salida las cuales son:

- a) Entrada de paso al siguiente perfil, que aquí denominamos como EP.
- b) Entrada de restablecimiento ( reset ), que aquí denominamos como R.

- c) Entrada de habilitación; que aquí denominamos como H.
- d) Salida testigo de fin de carrera, que aquí denominamos como SS.

En la representación genérica mostrada, las literales que aparecen a la derecha representan lo siguiente:

**NS** es el número asignado al secuenciador.

**NP** representa el número de perfiles de salida asociado.

**W** representa el número de registro HR, donde debe estar almacenado el valor numérico asociado con el perfil de salidas inicial; los perfiles subsecuentes deberán ser almacenados en registros sucesivos después del primero.

**X** representa el número de registro que se usará como apuntador, inicialmente éste contendrá el número de registro donde se almacena el perfil inicial, cada vez que se detecta una transición de cero a uno en la entrada EP el valor en este registro se incrementa.

**Y** representa el número de módulo o grupo de salidas a donde se destinará el perfil asociado en cada paso, frecuentemente al grupo de salidas asociado se le denomina **grupo destino**.

**Z** representa el valor numérico de un byte denominado máscara.

El valor de los bits del byte de máscara se define de la siguiente forma:

$B_i = 1$ , si se desea que el bit  $i$  del perfil de salidas **sí** sea trasladado al bit  $i$  del grupo de salida asociado con el secuenciador.

$B_i = 0$ , si se desea que el bit  $i$  del perfil de salidas **no** sea trasladado al bit  $i$  del grupo de salida asociado con el secuenciador. En este caso la salida  $i$  del grupo destino puede ser empleada por otra función de control.

Por ejemplo, supóngase que para una aplicación se requiere usar un secuenciador que usará los bits 3, 2 y 0 de un grupo de salidas; los otros bits del grupo podrán ser usados por otros módulos lógicos; en este caso el byte de máscara en representación binaria será:

**00001101**

Por lo tanto, el valor de la máscara será el valor decimal asociado que es 13.

### Funcionamiento básico de un secuenciador

Estando la entrada R en nivel bajo y la entrada H en nivel alto, inicialmente la salida SS toma el valor cero lógico y se coloca el perfil de salidas número uno en el grupo de salidas asignado; cada vez que se detecta una transición de bajo a alto en la entrada EP se cambia el perfil de salidas por el inmediato siguiente que corresponda; al ser colocado el último perfil, la salida SS se pone en uno lógico, testificándose con esto el fin de la secuenciación asociada.

Para regresar al perfil inicial, se debe poner la entrada R en nivel alto, lo que hace además que la salida SS retorne al nivel bajo. Para algunos PLC's al llegar al último perfil, los secuenciadores retornan automáticamente al perfil inicial en la siguiente transición de bajo a alto en EP. Para los secuenciadores aquí descritos el retorno al perfil inicial se logra únicamente mediante el accionamiento de la entrada de restablecimiento ( R ) mencionado.

Si la entrada H es colocada en el nivel cero lógico, las transiciones bajo a alto de la entrada EP son ignoradas, quedando en las salidas designadas el perfil que se haya colocado antes de que se diera este evento:

Para aclarar ideas acerca de lo expuesto sobre secuenciadores, a continuación se expone un ejemplo.

Supóngase que se requiere que las salidas O24, O22 y O20 tomen la siguiente secuencia de valores que deben irse presentando al darse transiciones bajo a alto en la entrada I20.

Perfil original	O24	O22	O20
1	1	0	0
2	0	1	1
3	1	1	0
4	1	0	1

Se usarán como entradas de restablecimiento y habilitación respectivamente las variables I21 e I22, para SS se empleará la salida O27; para los cuatro perfiles indicados se usarán los registros HR 15, 16, 17 y 18; para el apuntador se designa el registro HR número 14; al secuenciador se le asignará el número uno.

Los perfiles como arreglos de ocho bits se muestran en la siguiente tabla.

Byte perfil	BP7	BP6	BP5	BP4	BP3	BP2	BP1	BP0	VD *
1	0	0	0	1	0	0	0	0	16
2	0	0	0	0	0	1	0	1	5
3	0	0	0	1	0	1	0	0	20
4	0	0	0	1	0	0	0	1	17

\* VD = valor decimal.

A los cinco bits no empleados se les puede asignar el nivel alto o bajo y esto no afecta el funcionamiento, ya que tales bits del perfil no se transfieren a la salida, en este ejemplo el valor asignado para ellos es cero lógico.

Los cuatro valores ( 16, 5, 20 y 17 ) asociados con los cuatro perfiles deben de alguna manera ser precargados en los registros HR 15, 16, 17 y 18; en el registro HR 14 ( apuntador ) se deberá prealmacenar el valor 15 ( número de registro que contiene el perfil inicial ).

El byte de máscara para este ejemplo es:

**00010101**

Por lo tanto, el valor decimal para la máscara es 21.

En la imagen asc 3.51 se muestra la declaración del secuenciador de este ejemplo como tramo de diagrama de escalera virtual, se ilustra también un posible conexionado de prueba para verificar el funcionamiento, empleando para ello lamparas testigo que operan con 120 Volts de alterna.

## SECUENCIADOR EJEMPLO DE CUATRO ESTADOS

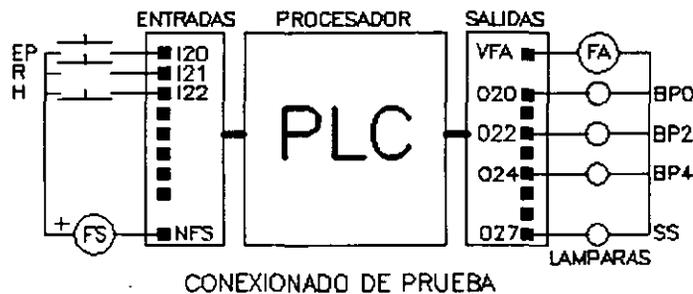
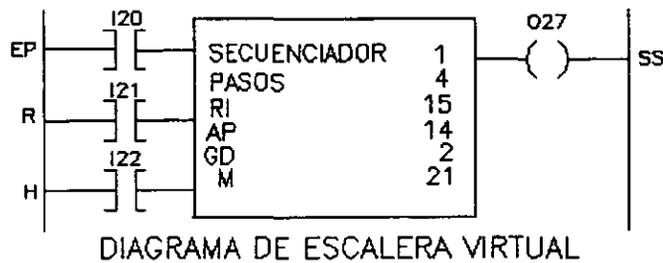


Imagen asc 3 51

Para aclarar ideas a continuación se retoma el ejemplo de la introducción, explicándose lo concerniente a la configuración de un PLC para la realización de la automatización implicada.

### Configuración del ejemplo de la introducción

En la imagen asc 3 11 se aprecia un posible esquema que en alguna forma se tendría que especificar para realizar la configuración de un PLC, para que el mismo realice la automatización asociada con el ejemplo de la introducción, esto mediante el empleo de una *interfaz de operación*.

En el diagrama de escalera virtual mostrado aparecen los siguientes elementos:

- Contactos virtuales como los asociados con las entradas E0 y E1, los cuales se **cierran virtualmente** cuando la variable correspondiente es uno lógico y se **abren virtualmente** en otro caso.
- Dos bloques funcionales virtuales que son el latch RS y el temporizador con retardo

a la activación.

- c) Salidas virtuales asociadas con las variables K1, S0 y S1; si la variable de una salida virtual es una salida física; los contactos del relevador de salida asociado se cerrarán, siempre que dicha variable sea uno lógico, en otro caso se abrirán..

**Nota:** Además de variables físicas de entrada y salida, los contactos y salidas virtuales pueden estar asociados con otro tipo de variable binaria, que aquí denominaremos como *intermediaria* o de *interlock*; la función de las mismas será descrita más adelante.

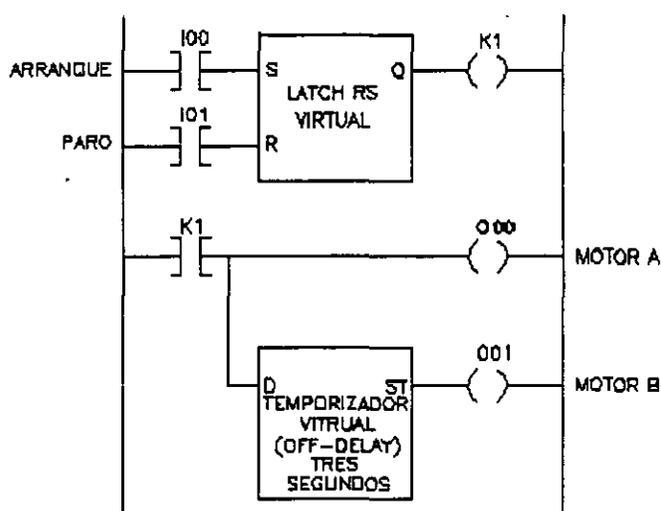


DIAGRAMA DE ESCALERA VIRTUAL DEL SLC REALIZADO EN UN PLC, PARA UN SISTEMA DE ARRANQUE/PARO TEMPORIZADO DE DOS MOTORES

Imagen asc 3-11

Para una mejor comprensión a continuación se explica el funcionamiento de los bloques virtuales implicados.

### Latch RS virtual

Este bloque opera virtualmente de una manera similar a como lo haría un latch RS físico, en la siguiente tabla se resume su funcionamiento.

FUNCIONAMIENTO LÓGICO DEL LATCH RS VIRTUAL

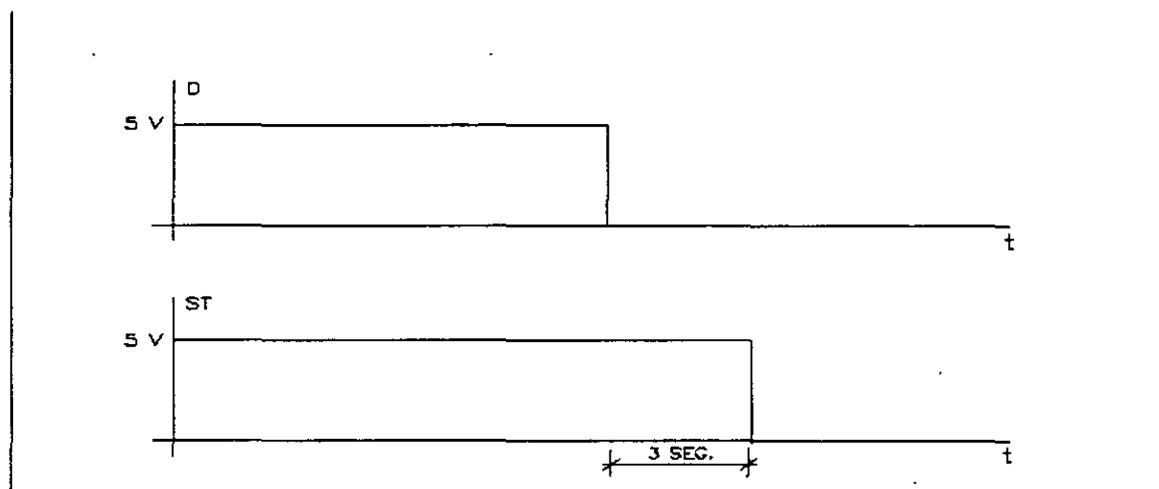
R	S	NIVEL LÓGICO EN LA SALIDA Q
0	0	NO HAY CAMBIO EN EL NIVEL LÓGICO DE Q

0	1	UNO LÓGICO
1	0	CERO LÓGICO
1	1	CERO LÓGICO

Es importante señalar aquí que el funcionamiento del latch virtual, presenta una diferencia respecto a un latch físico realizado electrónicamente, ya que este último presentará una salida no previsible cuando se habilitan simultáneamente las dos entradas, en tanto que para el latch virtual la salida será un nivel lógico previsible.

### Temporizador con retardo a la desactivación (off delay ) virtual

Este bloque opera virtualmente de una manera similar a como lo haría un temporizador físico con retardo a la desactivación, en la imagen asc 3.14 se muestra su funcionamiento.



**GRÁFICAS ENTRADA Y SALIDA DEL TEMPORIZADOR ( OFF – DELAY) VIRTUAL EMPLEADO REALIZADO POR UN PLC**

*Imagen asc 3.14*

**Operación del diagrama de escalera virtual asociado con el ejemplo de arranque y paro de dos motores**

#### Arranque simultaneo de los motores A y B

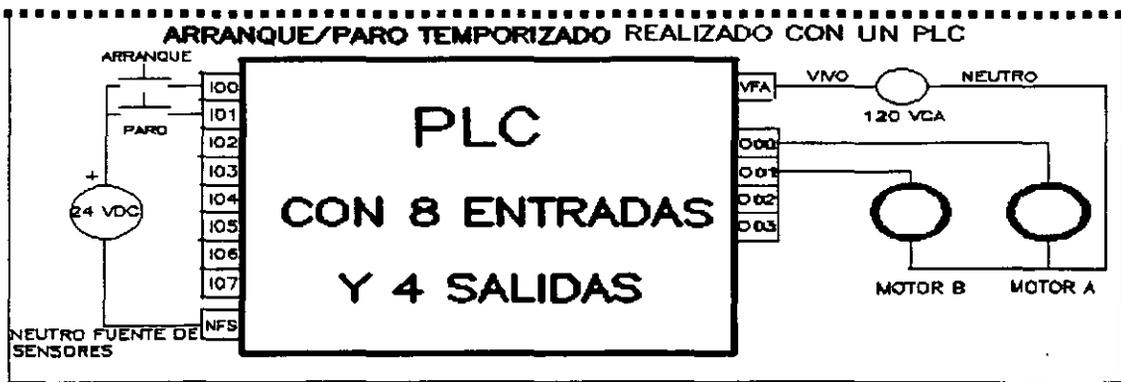
- 1) Al oprimirse y soltarse el botón de arranque que se encuentra ligado a la entrada **I00**, el contacto virtual I00 se cierra por un tiempo, originando esto que se presente un nivel de uno lógico en la entrada **S** del latch virtual durante el tiempo en que el botón de arranque permanece oprimido, lo cual hace que la salida **K1** tenga el valor uno lógico, cerrándose el contacto virtual **K1**.

- 2) La variable de salida **O00** toma el valor uno lógico, originando esto el arranque del motor A, simultáneamente a esto se presenta un nivel de uno lógico en la entrada del temporizador virtual.
- 3) Al haber un nivel de uno lógico en la entrada del temporizador virtual la salida del mismo presentará un nivel de uno lógico, lo cual hace que la salida **O01** tome el valor uno lógico, por lo que arrancará el motor B, prácticamente al mismo tiempo que el motor A.

### Paro no simultaneo de los motores A y B

- 1) Al oprimirse y soltarse el botón de paro que se encuentra ligado a la entrada **I01**, el contacto virtual **I01** se cierra por un tiempo, originando esto que se presente un nivel de uno lógico en la entrada **R** del latch virtual durante el tiempo en que el botón de paro permanece oprimido, lo cual hace que la salida **K1** tenga el valor cero lógico, abriéndose el contacto virtual **K1**.
- 
- 2) La variable de salida **O00** toma el valor cero lógico, originando esto el paro del motor A, simultáneamente a esto se presenta un nivel de cero lógico en la entrada del temporizador virtual.
  - 3) Tres segundos después de la presencia del cero lógico a la entrada del temporizador virtual, la salida del mismo bajará a un nivel de cero lógico haciendo esto que la salida **O01** presente un nivel de cero lógico, deteniéndose el motor B tres segundos después de que lo hace el motor A.

En la imagen ase 3.13 se muestra de nuevo el conexionado al PLC de los sensores y actuadores implicados en el ejemplo introductorio.



### 3.4.2 Funciones de monitoreo

Para agilizar el desarrollo y prueba de aplicaciones con PLC's, los mismos cuentan con dos facilidades auxiliares, denominadas como funciones de **monitoreo** y **forzamiento**.

#### **Monitoreo**

Una vez que el programa asociado con una determinada aplicación es cargado en un PLC, al ejecutarse el mismo puede observarse en la pantalla de la interfaz de operación, el estado de los diversos componentes del diagrama de escalera virtual propio de la aplicación, o bien el valor que contienen algunos registros seleccionados por el usuario.

Se dice entonces que el PLC opera en modo **monitoreo**; de esta manera, al ejecutarse la aplicación son resaltados, de alguna manera reconocible por el usuario, elementos gráficos del diagrama de escalera virtual ( contactos virtuales, líneas de liga, salidas virtuales, etc.) que virtualmente sean energizados o bien presenten continuidad..

Para aclarar ideas, en la imagen asc 3.56 se ilustra la secuencia de aspectos que el diagrama de escalera virtual tendría para el usuario, al ejecutarse, en modo monitor, un programa con solo un módulo lógico, el cual es un latch RS. Las variables S, R, y Q son respectivamente las entradas I25 e I26 y la salida O20.

En la imagen a las variables S y R se les denomina respectivamente como **INICIO** y **PARO**.

**ASPECTOS QUE TENDRIA EN LA PANTALLA DE LA INTERFAZ DE OPERACION EL DIAGRAMA DE ESCALERA VIRTUAL PARA UN LATCH, CUANDO SE EJECUTA EL PROGRAMA CORRESPONDIENTE CON LA FUNCION DE MONITOREO HABILITADA**

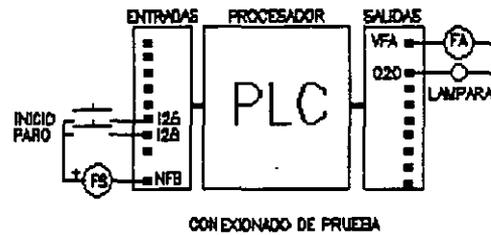
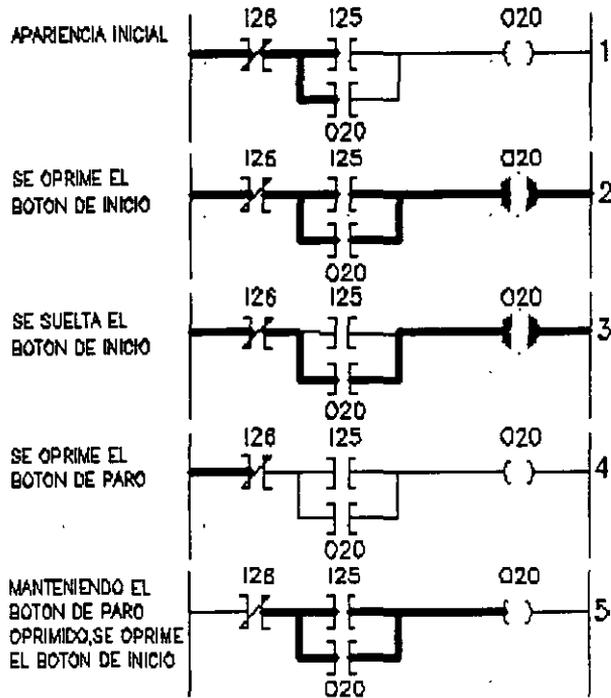


Imagen ase 3.56

Las formas en que se habilita y opera la función de monitoreo pueden variar de una marca a otra de PLC, aquí se han expuesto para fines de este curso, las ideas básicas alrededor de este concepto.

### Forzamiento

Al operar un PLC en modo monitor puede habilitarse la función de forzamiento, lo cual permite al usuario hacer que cambie el estado lógico de los diversos elementos del diagrama de escalera virtual asociado con la aplicación, esto sin que sea necesario el accionamiento de los sensores implicados.

El forzar un contacto normalmente abierto hace que el mismo se cierre; para un contacto normalmente cerrado el forzamiento del mismo hace que el mismo se abra; el forzar una salida virtual hace que la misma tome el nivel uno lógico cerrándose el contacto físico asociado con la salida física asociada.

Mediante esta función el usuario podría probar individualmente el accionamiento de un determinado actuador, forzando a uno lógico la salida virtual que corresponda en el diagrama de escalera virtual, o bien probar el efecto que tendría en la lógica de control el accionamiento de los sensores, sin que físicamente los mismos operen.

Para aclarar ideas, en la imagen asc 3.57 se ilustran los efectos que en un diagrama de escalera virtual tendría al forzarse diversos elementos del mismo, esto al ejecutar el programa correspondiente en modo monitor y teniendo además la función de forzamiento habilitada.

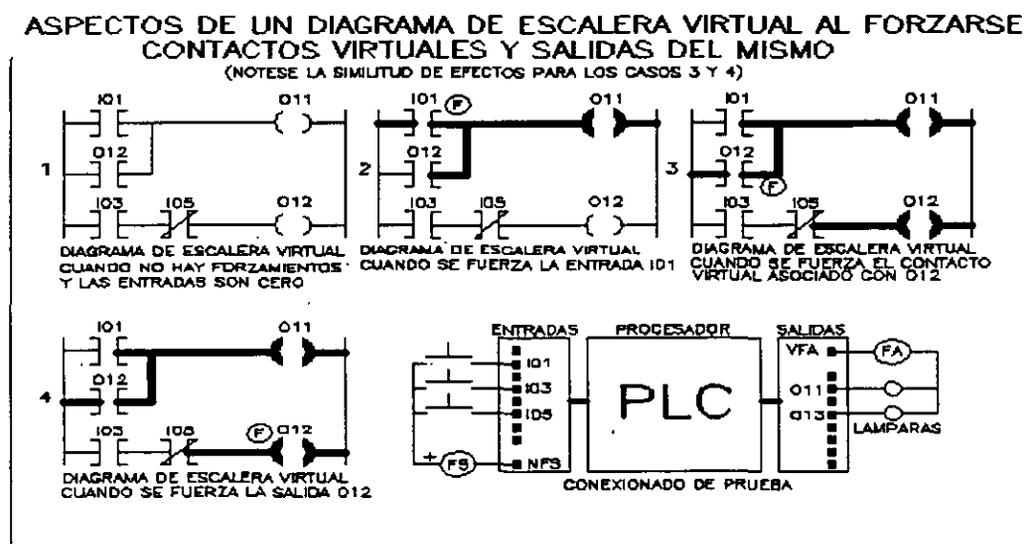


imagen asc 3.57

Las formas en que se habilita y opera la función de forzamiento pueden variar de una marca a otra de PLC, aquí se han expuesto para fines de este curso, las ideas básicas alrededor de este concepto.

### 3.5. Redes de control basadas en PLC's

A continuación se presenta el concepto de LAN y el papel que éstas juegan en la integración funcional y operacional de la planta empleando PLC's. La definición más general de LAN se refiere a "una red de comunicación de media distancia de alta velocidad", la distancia máxima entre dos nodos de la red es normalmente de cuando menos una milla. La mayoría de las definiciones de LAN usualmente se



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSO  
CA 141**

# **INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN)**

**TEMA**

**Sistemas de Control Distribuido (SCD)**

**EXPOSITOR: M. I RICARDO GARIBAY JIMÉNEZ  
PALACIO DE MINERIA  
FEBRERO DE 2003**

Desarrollo de los sistemas de control.

1930 Controladores mecánicos

1934 Control Neumático

1938 Transmisión neumática

1940 Relevadores y switches de posición

1958 Primera computadora empleada en el monitoreo de una planta eléctrica

1959 Primer sistema supervisorio en refinería

1960 Primeros controladores electrónicos

1963 Primer sistema de control digital directo

1970 Instrumentación electrónica sobre neumática

1975 Primer sistema de control distribuido.

#### **4.1. Conceptos básicos de los sistemas SCD.**

**Objetivo:** El estudiante analizará los elementos fundamentales de los sistemas de control distribuido, sus características y funciones principales, destinado a instrumentar las diversas tareas de automatización de procesos.

Anteriormente, la solución más utilizada para aplicaciones de control y automatización estaba basada en el uso de controladores individuales. Sin embargo, esta solución tenía limitaciones en cuanto a las posibilidades de expansión del número de lazos de control y espacio físico en el cuarto de control en donde se instalaban decenas de lazos de control pero cada uno de ellos operados independientemente y muchas veces el esfuerzo de instalación era mas grande que el esfuerzo de configuración; además el costo se incrementaba significativamente al acrecentar el sistema . Con la invención del control distribuido se resolvieron los problemas que presentaban los controles individuales pero cada fabricante tenía derechos exclusivos sobre el software y hardware. Además, se debía contar con personal especializado en ingeniería y mantenimiento lo que hacía que el sistema fuera costoso y complicado. Estos aspectos, junto con los avances en la tecnología de la computación y la llegada de la Arquitectura Abierta de sistemas de control distribuido han cambiado la tendencia de los fabricantes de sistemas de control distribuido a utilizar sistemas operativos industriales estandar para tener conectividad con otros sistemas, los cuales presentan actualmente una mejor oferta técnica y económica.

En la actualidad, los SCD se han desarrollado de tal manera que pueden diseñarse de acuerdo a requerimientos específicos de cada proceso en particular a pequeña y gran escala.

##### **4.1.1. Requerimientos de los usuarios**

Para la mayoría de las aplicaciones, los requerimientos de los usuarios han motivado el desarrollo de los SCD para que efectúen principalmente las tareas que se indican a continuación:

- Adquisición de señales de instrumentos de campo, medidores y actuadores, lo que implica la compatibilidad del sistema con las señales de campo.
- Capacidad de interfaz con el operador por medio de despliegues gráficos muy amigables y facilidades de comando en tiempo real.
- Control de lazo cerrado, lógico combinatorio y de secuencias.
- Redundancia del hardware de tareas críticas, sobre todo en procesos de alto riesgo.
- Escalable y expansible para soportar el crecimiento del proceso.
- Integración funcional: conectividad y comunicación con otros sistemas.
- Visualización de las tendencias y almacenamiento histórico de los valores y estados de las variables de proceso.
- Detectar un funcionamiento anormal del sistema o proceso tan pronto como empieza, y que el comportamiento del sistema sea confiable ante fallas.
- Configuración de todas las funciones en forma sencilla y accesible que permita evitar los errores de observación, problemas de análisis y manipulación de controles.
- Supervisión del control de la planta y medios de diagnóstico.
- Costos y tiempos de instalación menores.
- Control de los programas de mantenimiento en forma sencilla y de menor costo.
- Sistema de alarmas, configurado para no sobrecargar al operador de alarmas innecesarias y provoque distracciones durante el manejo de una situación de emergencia.
- Paro de emergencia seguro

El diseño de un SCD involucra una ingeniería de configuración orientada al usuario (operador-supervisor-gerente) y el proceso:

- El operador: para el arranque, mantener la operación de la planta y paro programado.
- El supervisor: contar con los elementos de decisión para hacer ajustes que optimicen la operación y el control del proceso.
- El gerente: contar con la información de volúmenes de producción y costos.
- El proceso: Diseño del proceso y seguridad.

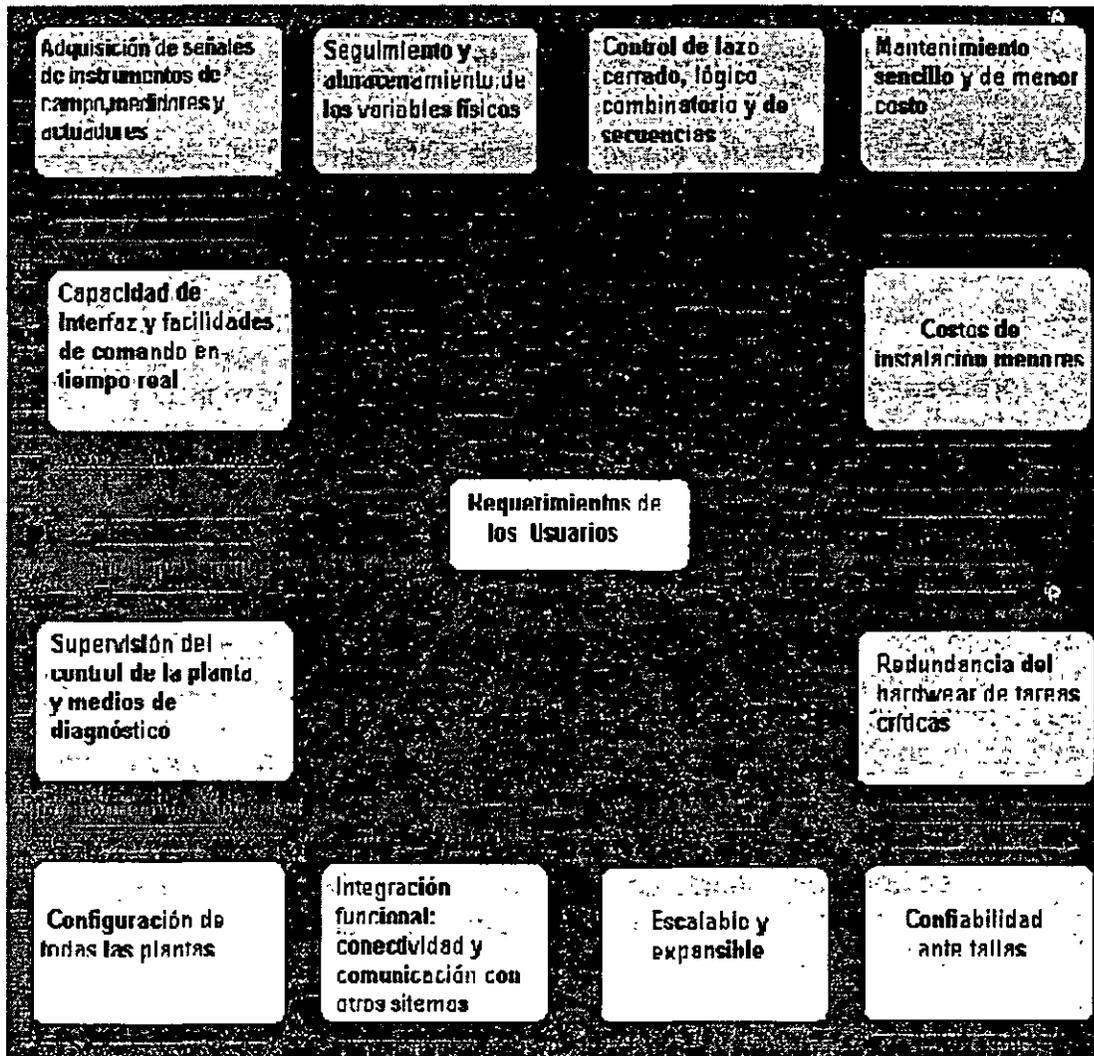


Figura 4.2. Requerimientos de los usuarios de los SCD.

#### 4.1.2. Definición de control distribuido de acuerdo a la ISA:

1. Es la clase de instrumentación (dispositivos de entradas /salidas, dispositivos de control y dispositivos de interface con el operador) que aunados a la ejecución de las funciones establecidas de control también permite la transmisión del control, medición, y la información de la operación a uno o varios usuarios específicamente localizados, conectados por un enlace de comunicación.
2. Es un sistema que está funcionalmente integrado y consiste de subsistemas que pueden estar separados físicamente y localizados remotamente uno de otro.

3. Consiste de consolas de operación, un sistema de comunicación, y unidades de proceso locales y remotas realizando funciones de control, lógica, cálculos y medición.
4. Deberán aplicarse dos significados de distribuido: a) Procesadores y consolas distribuidas físicamente en diferente áreas de la planta o edificio, b) Procesamiento distribuido de datos tal como varios procesadores corriendo en paralelo (concurrente) cada uno con diferente función.
5. Es un sistema de planta o control de procesos dividido en varias áreas de responsabilidad, cada una de las áreas manejada por su propio controlador (procesador), interconectados completamente para formar una sola entidad. La interconexión es generalmente por buses de comunicación de varias clases.

Un SCD es un tipo de sistema de control de procesos cuya configuración típica contiene varios módulos conectados a un bus de datos común. Estos módulos son: los controladores que manejan un conjunto de lazos de control, las consolas de operación, los módulos de control avanzado, los módulos multiplexados de señales de entrada y salida, las interfaces de comunicación y otros módulos especializados. Por definición, su diseño implica la distribución de elementos o funciones en diferentes partes del sistema teniendo como valores esenciales:

- La distribución física en la planta, que consiste en instalar el hardware del sistema lo más cercanamente posible de los instrumentos de medición y de los actuadores, siendo una práctica común instalar las estaciones de trabajo del operador e ingeniería en el cuarto de control, y en otro cuarto adjunto instalar los gabinetes de control.
- La distribución funcional, que consiste en distribuir las tareas de monitoreo, funciones de control, historización y comunicación de acuerdo con las zonas u operaciones del proceso, según su importancia, prioridad en el ámbito de la seguridad, complejidad, etc.
- Al efectuar esta distribución también quedan distribuidos los riesgos del sistema. Es común sin embargo que en este tipo de sistemas de control, múltiples lazos de control estén concentrados en una sola tarjeta, con lo que el riesgo queda parcialmente concentrado.

#### ***4.1.3. Características principales de un SCD***

- El control se efectúa en paralelo, en donde los grupos de lazos de control están operados por varios controladores.
- Tiempo real en el control de procesos y en las comunicaciones que hace posible tener datos dinámicos sobre el estado del proceso
- Sistema de comunicaciones determinístico adaptado a diferentes entornos empleando comunicación estándar que hace posible conectar diferentes equipos al bus de comunicación y hace posible presentar la información al

operador, supervisor o gerente e incluso, transferirlos a computadoras personales o para su análisis posterior.

- Flexibilidad de configuración, adaptando estrategias de control, informes
- Escalabilidad: Permite ir creciendo el sistema de acuerdo a las necesidades del proceso.

#### 4.1.4. Componentes del SCD:

- Sistema de comunicaciones.
- Elementos de hardware de control (PLC's, reguladores, dispositivos de adquisición de datos, etc)
- Procesadores
- Software para el control, supervisión y procesamiento de la información

Los SCD están diseñados para ser configurados totalmente por medio de símbolos gráficos y el llenado interactivo de tablas, lo que permite que usuarios sin conocimientos profundos de computación o del idioma inglés, pero con experiencia en instrumentación y control, puedan efectuar la configuración y operación del equipo en forma sencilla y rápida. Además, la graficación de tendencias en tiempo real de las variables del proceso, permite un entendimiento global del mismo, a diferentes niveles, desde el operador hasta el gerente. El tipo de configuración depende de las características del ambiente de producción en el que se este operando, así como de los requerimientos del proceso a controlar.

Los SCD combinan lo mejor de las características de los esquemas de control centralizado y supervisor. Para mayor información acerca de estos esquemas ver el **Anexo 4.1**.

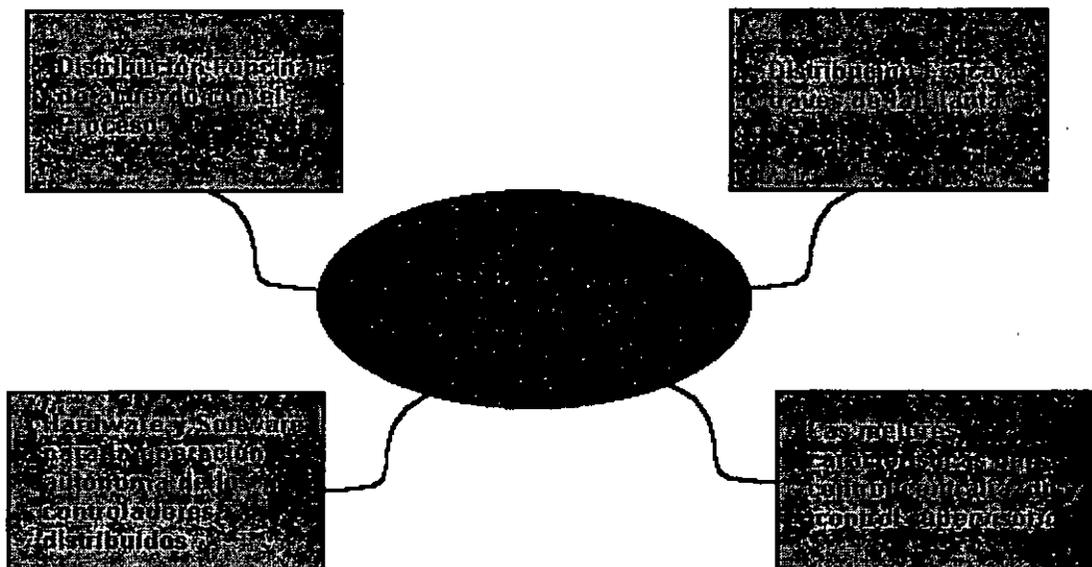


Figura 4.1. Valores de los SCD.

## **4.2. Arquitectura del sistema.**

**Objetivo:** *El estudiante analizará la arquitectura fundamental de los sistemas de control distribuido, considerando las características principales del equipo que lo constituye.*

Los sistemas de control distribuido cuentan con los siguientes elementos esenciales:

1. Sistema de comunicaciones.
2. Elementos de hardware de control (PLC's, reguladores, dispositivos de adquisición de datos, etc)
3. Procesadores
4. Software para el control, supervisión y procesamiento de la información

Los SCD se organizan jerárquicamente en una estructura vertical, en la cual las funciones realizadas por el sistema son distribuidas en un grupo de procesadores que se conectan en forma jerárquica, con una definición estricta de las tareas que va a llevar a cabo con respecto al proceso. La complejidad de la configuración de los procesadores en los diferentes niveles del sistema varía de acuerdo con el tipo de tarea que se va a realizar en cada nivel, por ejemplo, microcomputadoras y/o controladores programables se utilizan en el nivel de proceso para la adquisición de datos, el control de uno o más lazos del proceso y las tareas de monitoreo. Los programas de aplicación varían también de acuerdo con las tareas que se van a realizar. Cabe mencionar que la interfaz con el operador normalmente se tiene en los niveles de mayor jerarquía, como supervisión, planeación y optimización.

En un SCD la computadora de supervisión cuenta con facilidades de almacenamiento masivo de información, que también pudieran ser utilizadas para mantener un registro de alarmas, condiciones significativas del proceso, tendencias así como un resumen de la información acerca del proceso. En instalaciones grandes donde se tienen muchos procesos, las microcomputadoras de control y supervisión envían información a las computadoras de control de la producción, y éstas a su vez la envían a los niveles ejecutivos y/o gerenciales. La figura 4.3 muestra un sistema de control distribuido con estructura jerárquica.

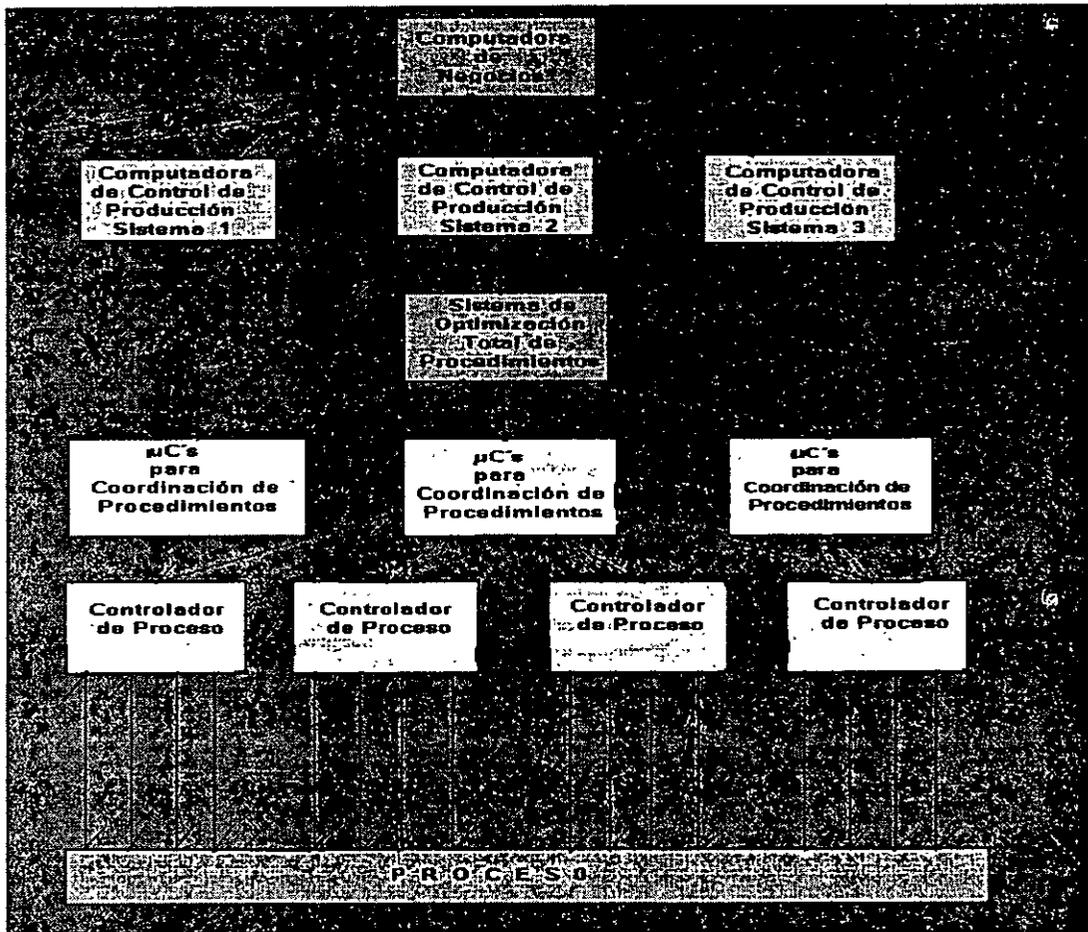


Figura 4.3. Estructura jerárquica de los Sistemas de Control Distribuido.

En la figura 4.4 se muestra un diagrama de la estructura fundamental de un SCD, sobre la base de una **Red de Control Local**. Este tipo de sistemas se caracterizan por ser sistemas cerrados, ya que se trata de sistemas propietarios que inicialmente no han tenido los elementos para conectarse con otras redes o dispositivos de marca diferentes a las del propietario del sistema.

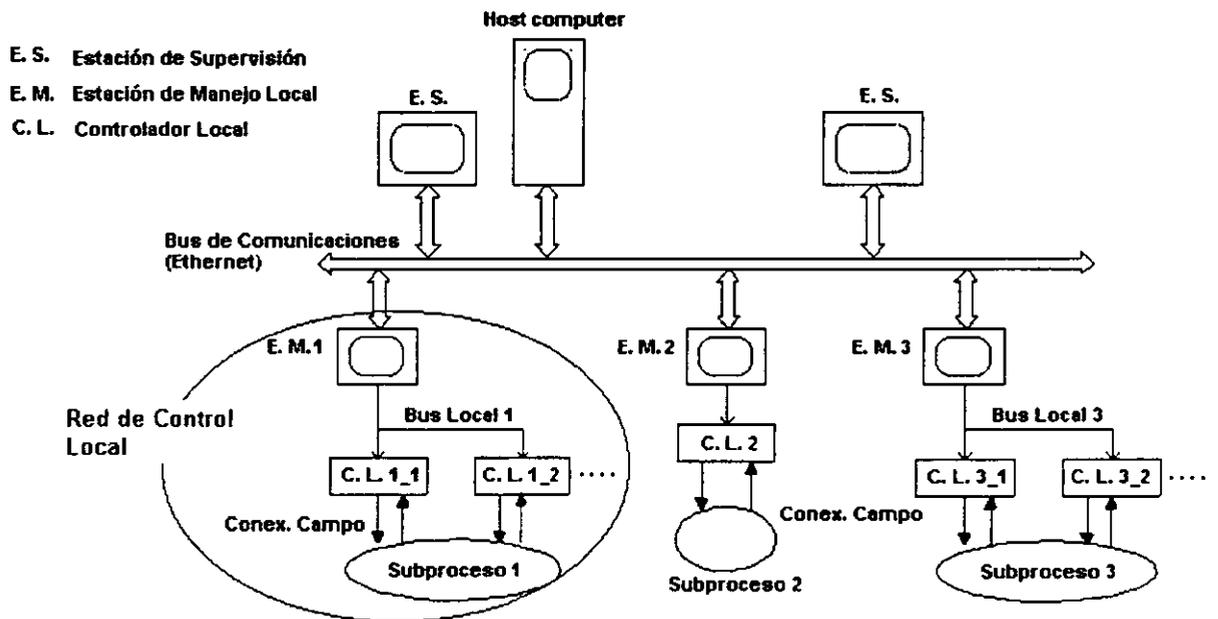


Figura 4.4. Estructura básica de un Sistema de Control Distribuido

Las marcas originales de SCD se estructuraron de esta forma y con diferencias particulares los dispositivos fundamentales se describen a continuación.

La red de control local está dedicada a una parte del proceso, en una determinada zona, incluyendo una o varias operaciones unitarias, sobre las cuales se realizan las funciones de adquisición de variables físicas, el control de lazo cerrado y el control lógico-secuencial. El hardware mínimo de una red local está constituido por una **Estación de Manejo (E. M.)** y un **Controlador Local (C. L.)** de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.5.

El núcleo de la red local lo constituye el conjunto de **Controladores Locales**, los cuales se distribuyen físicamente en la planta, para aplicar, en forma descentralizada, las funciones mencionadas en el párrafo anterior. Los controladores intercambian información para manejar con mayor eficiencia el proceso, a través del **Bus Local de datos o comunicaciones**, el cual, originalmente, ha sido propietario en cada marca de SCD. Es interesante notar que el bus de datos se originó como un medio de comunicación entre controladores, en configuraciones de conexión multipunto (multidrop), con base en el estándar RS422/485. En la arquitectura que se presenta se asumen conexiones a campo de tipo analógico; es decir, no se muestra el concepto de bus de campo.

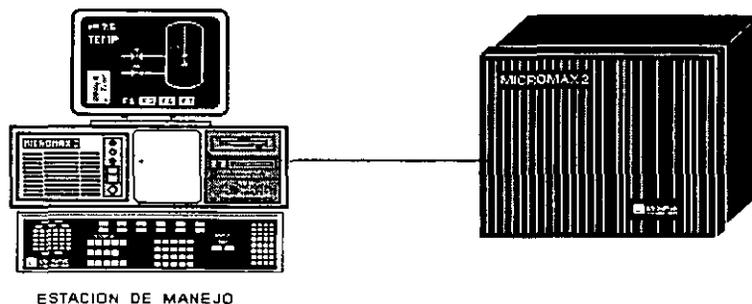


Figura 4.5. Red de Control Local Mínima

La **Estación de Manejo** consiste de una unidad electrónica (CPU), monitor y teclado, cuya función principal es manejar un área del proceso sobre la base de los Controladores Locales conectados a la estación, es decir, es el primer elemento de la Interfaz Humano Máquina (HMI) y es el medio por el cual se introducen los comandos e instrucciones para la operación del subproceso. La configuración de cada controlador conectado a la red se lleva a cabo por medio de la estación de manejo.

Las **Estaciones de Supervisión (E. S.)** son las terminales, que al ser conectadas al **Bus de Comunicaciones** pueden tener acceso a los controladores, para habilitar la interfaz del usuario con el todo sistema. Es deseable que las estaciones de supervisión puedan tener acceso a todos los controladores para adquirir su información y configurarlo, como se hace en la estación de manejo; sin embargo, también es recomendable que la estación de supervisión maneje solamente información selecta de cada subproceso y/o de los controladores, ya que por el

volumen de información adquirida en la totalidad de la planta, será necesario seleccionar y procesar la información más representativa.

Una diferencia notable entre las estaciones descritas radica en las velocidades de actualización de las variables que manejan cada una de ellas, ya que la E. M. Por estar destinada al control en tiempo real requiere de tiempos de actualización breves, lo que equivale a frecuencias altas y archivos de seguimiento (trending) de corta duración; por otro lado, las E. S. teniendo un tiempo de actualización mayor, pueden visualizar las variables del proceso en lapsos mas largos y formar, con esa misma base, un seguimiento más extendido en el tiempo.

#### **4.2.1. Unidades locales de control distribuidos.**

El dispositivo al cual llegan y salen las señales de campo y proporcionan el ambiente para la ejecución de los programas almacenados en la memoria para ejecutar las funciones de control y computo, se le denomina generalmente unidad local de control (ULC) pero cada proveedor tiene una designación específica para su ULC de acuerdo a su marca y modelo. El ULC proporciona también funciones de comunicación para intercambiar información con otros dispositivos instalados en el SCD. El ULC también tiene la habilidad de que una vez instalado y configurado debe operar con el proceso sin la asistencia de las estaciones de manejo o supervisión, ni de ningún otro dispositivo, debido a que puede manejar todas las señales provenientes del proceso, realizar cálculos, funciones de control y funciones lógicas, de acuerdo con la configuración asignada. Una lista general de las funciones de control y comunicación que el ULC debe proporcionar son:

- Adquisición de datos y acondicionamiento de señales
- Funciones de verificación de límites y alarmas.
- Funciones de control regulatorio proporcional, integral y derivativo (PID) con sus diferentes opciones.
- Funciones de control secuencial con lógica Booleana como las compuertas AND; OR, NOT y funciones relacionadas como temporizadores y contadores.
- Funciones de computo aritméticas (+, -, \* y /), trigonométricas (seno, coseno,) y procesamiento dinámico de señales (integral, derivativo. filtros)
- Funciones de señal de salida para control, registro e indicación.
- Funciones de comunicación que permitan la transmisión de señales entre las ULCs, otros controladores y dispositivos conectados en el SCD.
- Funciones de comunicación con interfaces hombre-máquina para que el operador e ingenieros puedan interactuar con las ULCs.

El software que se acompaña a las ULCs del SCD viene con un conjunto de bloques de funciones y funciones preprogramadas que el usuario puede "configurar", no programar, para realizar las funciones de control y computación. También son acompañados con lenguajes especiales para un tipo específico de aplicación de control. Y finalmente se acompaña por un lenguaje de alto nivel con cierto grado de flexibilidad para el diseño de algoritmos de control propio y que mantiene compatibilidad con los bloques de funciones.

Sus componentes de hardware se describen a continuación.

Los ULC tienen tarjetas electrónicas, de las cuales la más importante es la de procesamiento o CPU, para efectuar la ejecución de los programas o rutinas que han sido programadas. Las tarjetas de enlace con el proceso conocidas como tarjetas de entradas y salidas, pueden variar de proveedor a proveedor en cuanto al número de señales que puede procesar, pero pueden ser:

- a) Tarjeta o módulo de entradas analógicas (AI). Existen tarjetas de 8, 10 ó 15 puntos para su uso en aplicaciones de control o registro de datos.
- b) Tarjeta o módulo de entradas discretas o digitales (DI). Cada tarjeta acepta típicamente 16 entradas binarias, de AC ó DC para su uso en control lógico, programas de set-point y funciones binarias en lazos de control.
- c) Tarjeta o módulo de salidas analógicas de control (AO). Maneja típicamente hasta 6 puntos y provee diferentes tipos de señales de salida, típicamente ajuste de corriente en el estándar de 4-20 mA o ajuste de duración de pulsos de voltaje, para diversos actuadores y elementos finales de control. En algunas marcas de SCD el número de estos módulos por controlador local es una limitación importante.
- d) Tarjeta de salidas discretas o digitales por relevador (DO). Estas tarjetas proveen algunos relevadores para usarse en control lógico, alarmas, programas de set-point y funciones de eventos para otros dispositivos.
- e) Tarjetas de entradas/salidas discretas o digitales de estado sólido (DI/DO). Este tipo de tarjetas disponen de algunas entradas y salidas binarias optoacopladas.
- f) Tarjetas de comunicaciones. Proveen 1 o 2 puertos de comunicación RS-422/485 para conectar las estaciones de operación y configuración y otros periféricos.

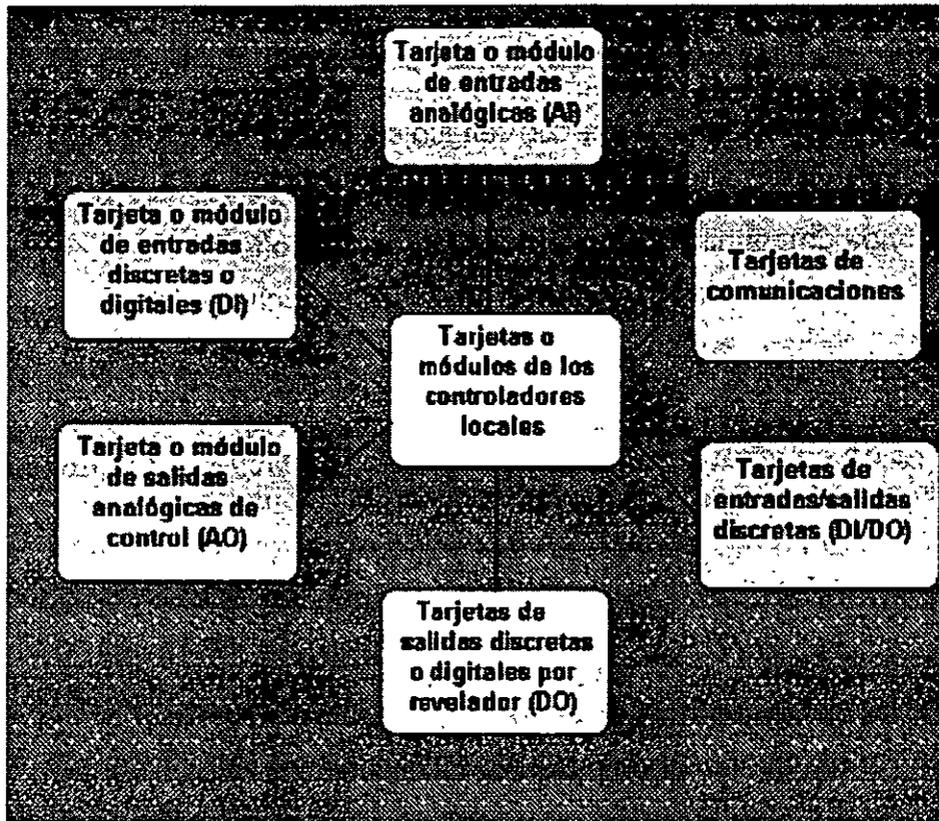


Figura 4.6. Tarjetas o módulos de los controladores locales

#### **4.2.2. Interfaces de operación.**

Para que la operación de los ULC's y equipo de comunicación se opere en forma segura y efectiva se necesita de un sistema que haga la interface con el personal que participa en el proceso. Esta interface se denomina interface hombre-máquina y existen tres tipos:

- Estación de operación
- Estación de Ingeniería
- Estación de Mantenimiento.

##### **4.2.2.1. ESTACIÓN DE OPERACION**

Las estaciones de operación (EO) pueden conectarse:

- Localmente o sea, directamente con las ULC's
- A través del bus de comunicación del SCD.

Durante el diseño de la EO se consideran principios ergonómicos para asegurar que el operador pueda realizar sus tareas de una forma efectiva con el riesgo mínimo de confusión o error.

A través de la pantalla y el teclado de la estación o estaciones de manejo se llevan a cabo las siguientes tareas:

#### **4.2.2.2. Monitoreo del proceso:**

Es una función básica de la EO que permite a los operadores observar y monitorear el estado actual del proceso y que incluye específicamente lo siguiente:

- Visualización de los datos de cualquier variable de interés en cualquier tiempo. La EO proporciona rápido acceso a cualquier variable y los valores desplegados deben ser actualizados y precisos. Si algún dato no es válido por alguna razón como la falla de un sensor o por que se envió a mantenimiento, esta condición deberá ser también mostrada.
- Mostrar las variables de proceso con una identificación o nombre asignado por el ingeniero de instrumentos además de un descriptor que amplíe la descripción de la identificación.
- Mostrar la variable de proceso en unidades de ingeniería entendibles al operador y junto con los valores actuales de la variable.
- Muestrar las variables computadas o calculadas en tiempo real disponible en el mismo formato y de la misma forma que las variables de proceso.
- Detectar anomalías en el proceso y reportarlos al operador mediante alarmas
- Despliegue de datos a través de gráficas de tendencias en función del tiempo, para saber hacia donde se mueve el proceso y poder anticiparse a los problemas.

#### **4.2.2.3. Control del proceso:**

Es una función básica del EO que permite al operador controlar el proceso para realizar las siguientes tareas:

Tener acceso rápido a los lazos de control continuo y secuencias lógicas de los UCLs para realizar las funciones normales de control: Manipulación de los modos de operación de los lazos de control en forma independiente (automático, manual, cascada). Manipulación de los parámetros de sintonización en los lazos de control, así como de las salidas de control en modo manual, puntos de ajuste en modo automático y monitorear el efecto de estos cambios.

Permitir al operador realizar las operaciones de control lógico como arranque y paro de bombas, apertura y cierre de válvulas, monitorear el estado de la lógica del interlock, del estado lógico actual del proceso y del estado de los permisivos que evitan la ejecución de algunos comandos solicitados.

#### **4.2.2.4. Diagnóstico del proceso**

La EO provee al operador de información durante cualquier condición anormal para que determine el equipo causante del problema, ejecutar las acciones para corregirlo y regresar el proceso a su estado normal de operación. El SCD debe contar con pruebas de autodiagnóstico en la instrumentación de campo y en los módulos que integran el SCD, los resultados deben ser mostrados al operador.

#### **4.2.3. Almacenamiento de los registros de proceso.**

Esta es una de las primeras funciones automatizadas de los SCD y puede instalarse en la EO sin requerir otra computadora adicional. Los requerimientos específicos son:

##### **4.2.3.1. Registro de corto tiempo de la información de tendencias**

Ingreso manual de datos de proceso: Es el registro manual por parte del operador de información colectada manualmente como datos numéricos y notas del operador o reportes de turno.

##### **4.2.3.2. Registro de alarmas:**

Son almacenados en una impresora o dispositivo de almacenamiento de datos o en ambos.

##### **4.2.3.3. Registro periódico de las variables de proceso.**

Los valores de algunas variables seleccionadas son enviados periódicamente a la impresora o almacenados en un dispositivo de almacenamiento de datos o en ambos, en intervalos que van de minutos a horas, dependiendo de la dinámica de la variable. Comúnmente se mantienen almacenados durante un turno de 8 horas o un día. El operador o el ingeniero de instrumentos pueden decidir si almacenan un valor promedio del periodo o el valor instantáneo de ese momento. Se incluyen también reportes para monitorear y analizar las condiciones de proceso.

##### **4.2.3.4. Registro de largo plazo y recuperación de la información:**

La misma información almacenada por corto tiempo debe ser almacenada por largos periodos de tiempo ya sea meses o años. El sistema debe incluir un mecanismo para recuperar fácilmente tal información cuando sea solicitada.

##### **4.2.3.5. Registro de las acciones de control del operador:**

Es el registro automático de las acciones del operador que afectan el control del proceso como los cambios en los modos de control, punto de ajuste, salida manual o comandos lógicos.

A la estación se le pueden adicionar dispositivos de almacenamiento de memoria e impresión; el almacenamiento se lleva a cabo por medio de diversos dispositivos, desde unidades de disco duro, hasta unidades de cinta, que se configuran de acuerdo con los eventos del.

En la figura 4.7 se muestra una instalación típica básica de control distribuido.

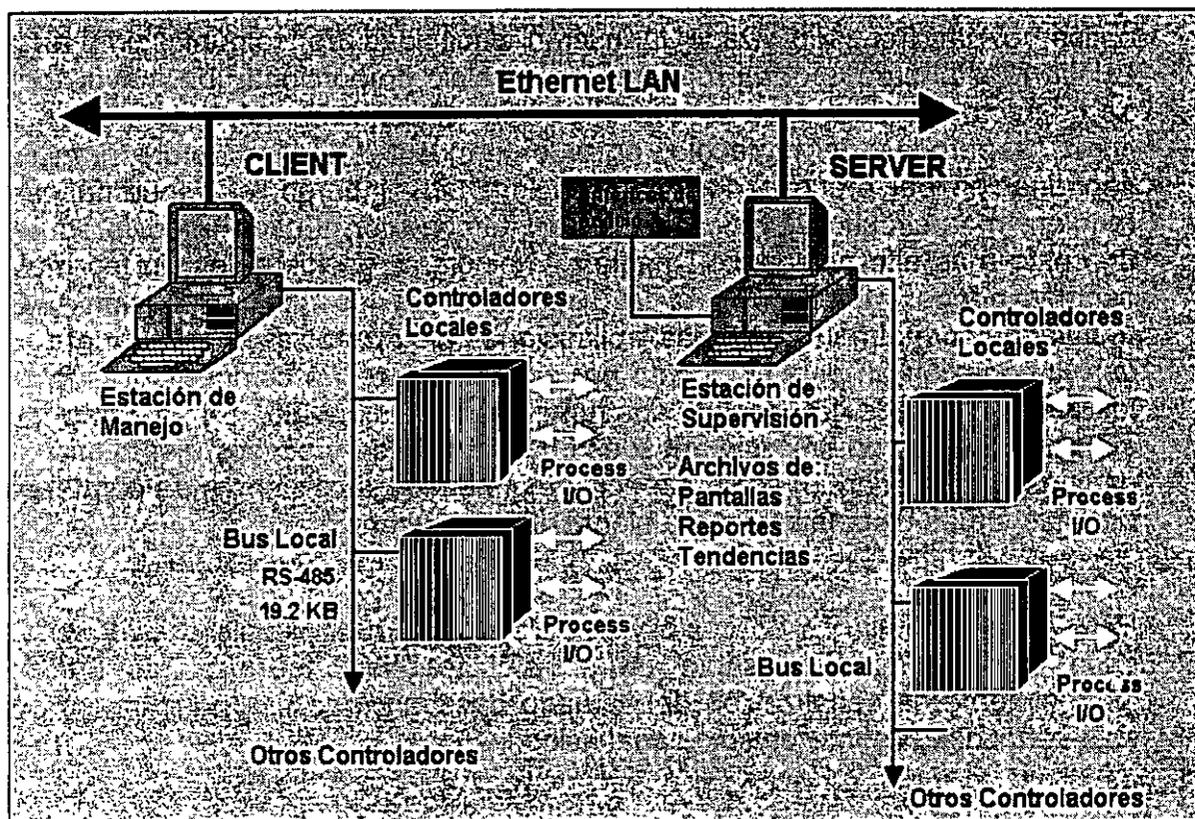


Figura 4.7. Estaciones de Manejo y Supervisión.

### 4.3. Sistema de comunicaciones en los SCD.

El concepto de control distribuido no es posible sin las funciones de comunicación que permiten el intercambio de archivos y datos dinámicos entre los diversos integrantes de un sistema de este tipo.

Originalmente, los controladores locales se comunicaron entre sí y con las estaciones de manejo por medio de un bus local de tipo cerrado. Actualmente son utilizadas sofisticadas redes de cómputo, las cuales incluyen concentradores y switches de alta velocidad, estaciones de trabajo bajo la arquitectura cliente/servidor, bases de datos distribuidas y modernas interfaces gráficas de usuario para los elementos de control de planta.

La primera decisión para hacer una evaluación o diseño de las comunicaciones es escoger un enlace en paralelo o en serie como el medio de comunicación. En la propuesta en paralelo, los conductores múltiples llevan una combinación de datos y señales de protocolo para el control de flujo de datos entre los nodos en el

sistema; la propuesta de conexión en serie usa sólo un solo cable coaxial, fibra óptica, o par trenzado. Dado la misma capacidad de comunicación en cada eslabón, está claro que la propuesta en paralelo proporciona una mayor facilidad de contacto de los mensajes que el enlace en serie. También, la existencia de líneas separadas de protocolo, entre el remitente y el receptor, simplifica la coordinación del proceso de comunicación. Sin embargo, el esquema paralelo requiere más circuitos y hardware de la interconexión a cada nodo, produciendo un costo más alto por nodo. También, la sincronía de los datos en los múltiples canales puede interrumpirse si la distancia entre los nodos es grande. Como resultado, normalmente sólo las aplicaciones de distancias relativamente cortas usa la conexión en paralelo, como por ejemplo buses de computadoras locales y los estándares de interfaz de instrumentación IEEE 488. La mayoría de los subsistemas de comunicación usados en el control de procesos distribuidos, usan canales de conexión en serie, especialmente en los subsistemas de comunicación para las largas distancias de una planta de gran extensión.

Por razones similares de costo y complejidad, el multiplexaje de frecuencia de canal de comunicación sobre un solo enlace físico se usa muy rara vez. Normalmente, la señalización del llamado baseband se usa para transmitir una sola señal digital sobre un solo canal físico.

#### ***4.3.1. Estructuras, subredes, topologías y medios.***

##### ***4.3.1.1. SUBREDES***

Otra característica de la estructura del sistema de comunicaciones se refiere a si una sola red es suficiente para interconectar todos los elementos en el sistema, o si subredes múltiples son necesarias, en cuyo caso es necesario definir cuantas de ellas se requieren. En este contexto, una subred se define por ser un sistema de comunicación autónomo que:

1. Tiene su propia estructura de señales, es decir, un sistema que enumera e identifica singularmente cada gota en la subred;
2. Permite las comunicaciones entre elementos conectados a ella, usando un protocolo específico;
3. Permite las comunicaciones entre elementos conectados a ella y elementos en otra subred, a través de dispositivos de interfaz.

Hay normalmente, una penalización de tiempo involucrada en la comunicación de la subred porque el dispositivo de la interfaz mencionado en agrega un mensaje que aumenta el retraso de tiempo dentro de la subred.

La decisión para usar la subred y en ese caso, cómo estructurarla para una aplicación particular, depende de varios factores, incluidos:

1. El número y tipos de elementos del sistema a ser conectados;
2. La distribución geográfica de los elementos;
3. Los modelos de tráfico de comunicación generados por los elementos.

En la aplicación de sistemas de control distribuido en una planta grande, se procesan el mando y la adquisición de los datos, en cuyo caso hay normalmente un número grande de elementos del sistema que deben ser los interconectados a través de una área geográfica extendida. Estos elementos generan a menudo volúmenes grandes de tráfico de mensajes; sin embargo, el tráfico normalmente sigue ciertos modelos naturales de actividad en la planta, como:

Entre controladores dentro de una cabina o en el área de la planta dada.

1. Entre los dispositivos de alto nivel dentro del cuarto del mando central y los equipos que alojan el área.
2. Entre las varias áreas de la planta y el área de cuarto de mando central natural.

En esta situación, a menudo tiene sentido dividir el sistema de comunicación en subredes que siga el modelo natural de tráfico de mensajes, mientras se mantiene un esquema de subredes para intercomunicarse cuando sea necesario. Ver figura 4.8.

En esta arquitectura, varias interfaces del operador de alto nivel y los elementos de computo localizados en el área de cuarto de mando central, deben comunicarse con cada uno de los otros a los niveles moderados de tráfico del mensaje. Estos elementos también deben poder comunicar la adquisición de los datos y comandos a los actuadores, localizados cerca de las unidades del proceso. En este ejemplo, los deben comunicar se entre sí y con los niveles superiores dentro de cada área del proceso. El sistema de comunicación natural que divide esto es el resultado de estos requisitos, dando lugar a los siguientes componentes:

1. Un bus local o subred en cada cabina que permite a los controladores individuales intercomunicarse sin interferir con el tráfico del mensaje en otras cabinas;
2. Una subred local en el área de cuarto de mando central, que permite la comunicación con dispositivos de alto nivel.
3. Un sistema de comunicación en una planta grande, interconecta los elementos del cuarto de mando con los elementos distribuidos en las áreas del proceso.

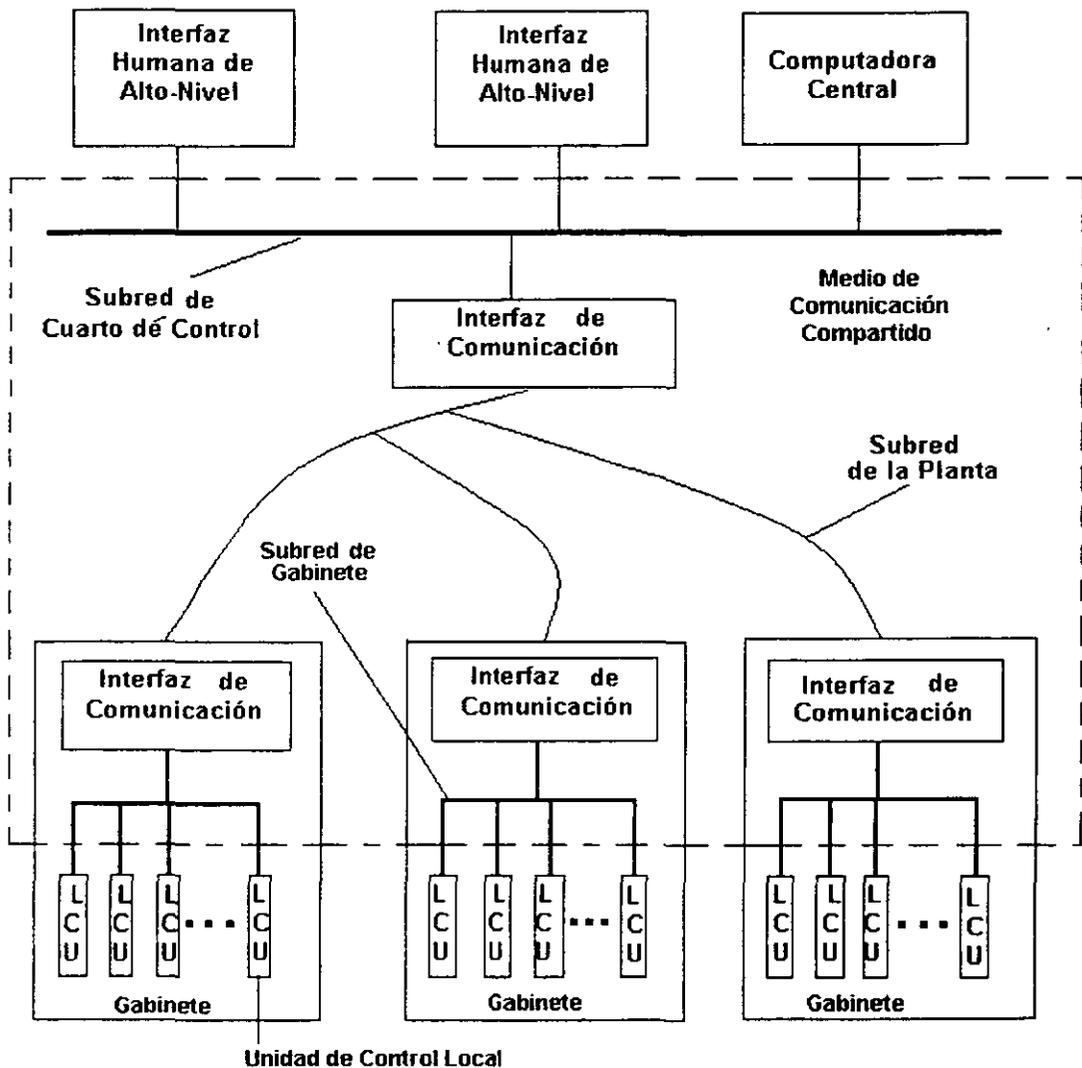


Figura 4.8. Arquitectura del sistema de comunicación 1.

Esta división puede no ser apropiada si los requerimientos de comunicación son diferentes, por ejemplo, supóngase que las velocidades de comunicación

requeridas entre los elementos de alto nivel aumentan significativamente, para permitir vertederos grandes y rápidos del banco de datos de un elemento a otro. También, se puede considerar que es grande el uso de controladores. La figura 4.9 ilustra la división del sistema de comunicación que puede ser apropiado en este caso. Consiste en los elementos siguientes:

1. Una subred local que permite la comunicación de los controladores en un área;
2. Un sistema de comunicación de una planta grande que conecta el elemento de alto nivel con la subred local;
3. Un "gateway" de la subred que permite la transferencia rápida de datos entre los elementos de alto nivel, que tiene lugar sin interferir con el tráfico en el área de procesos.

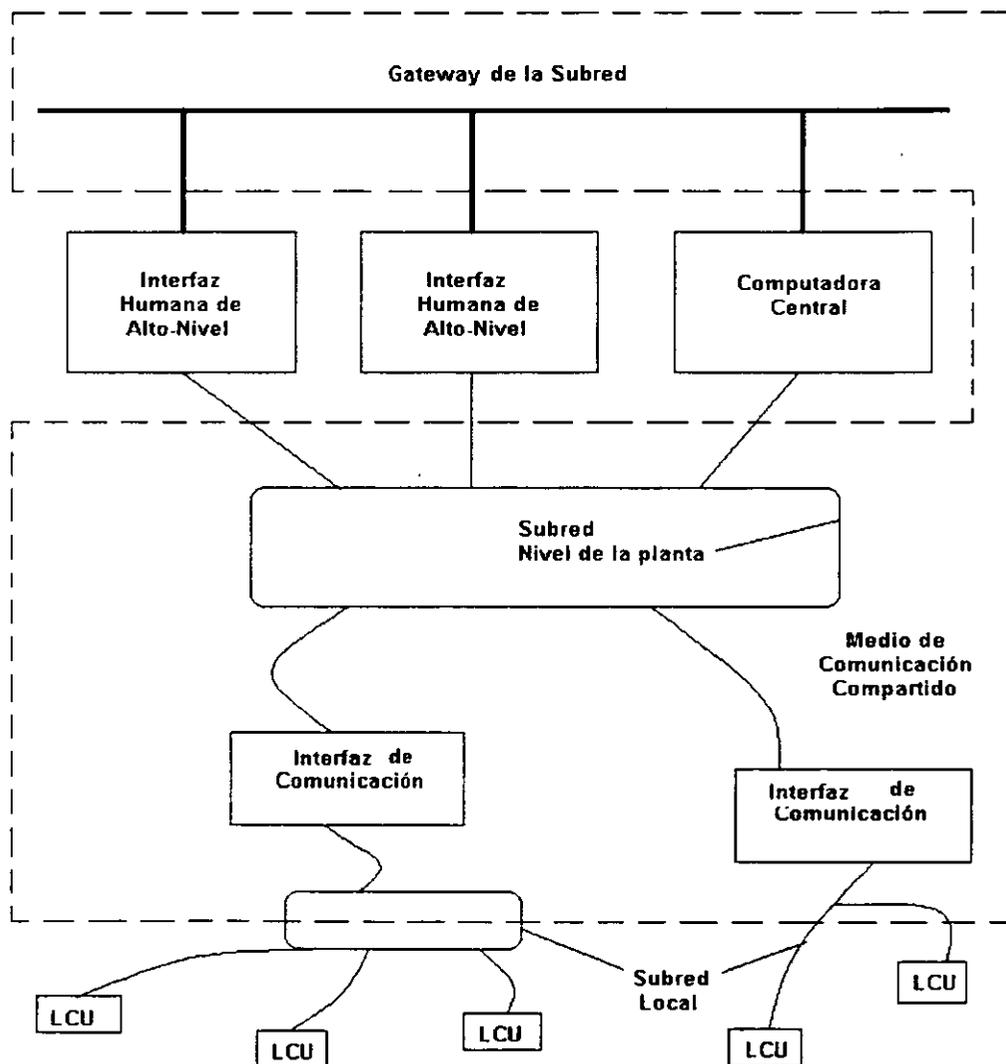


Figura 4.9. Arquitectura del sistema de comunicación 2.

Las subredes tienen ventajas o desventajas, dependiendo de la situación. En general, proporcionando niveles múltiples de subredes, se mejora la flexibilidad de la estructura de sistema de comunicación: sólo el nivel más bajo de subredes es necesario en las aplicaciones simples, mientras en los niveles más altos pueden agregarse si se necesita. Se puede configurar una estructura muy grande del sistema de comunicaciones con diversos niveles. Por otro lado, la arquitectura de multiniveles padece varias desventajas potenciales: (1) el mensaje pasa a través de un número grande de interfaces a través de la subred; (2) con más hardwares en la cadena de comunicación, la probabilidad de un fracaso o error es más alta; y (3) la suma de este tipo de productos incrementa la complejidad y problemas de mantenimiento en el sistema.

#### **4.3.1.2. MEDIOS DE COMUNICACIÓN**

Un sistema de comunicación también depende del medio físico usado para llevar la información a través del sistema. Hay muchos factores que deben tenerse en cuenta al escoger el mejor medio para una aplicación particular, considerando la velocidad y distancia de transmisión de los datos, la topología de la red y los costos correspondientes. Los medios de comunicación más a menudo seleccionados para el uso en los sistemas de control industrial son los siguientes:

Par de cables trenzados. Un par torcido de alambres normalmente rodeado por una pantalla externa para minimizar el efecto del ruido y una protección gruesa para protección contra el ambiente. Es uno de los medios más antiguos y todavía el más ampliamente utilizado. Tiene las siguientes características:

- Físicamente es un par de cables (de cobre) trenzados en espiral.
- Típicamente se construye en un haz de varios pares.
- Cada par es un solo enlace de comunicación.
- Se utiliza en medios analógicos y digitales.
  - En señales analógicas se requieren repetidores cada 5 ó 6 Kms. y con señales digitales cada 2 ó 3 Kms.
- Es limitado en distancia, ancho de banda (250 KHz.) y velocidad de datos.
- Es fuertemente susceptible a la interferencia y ruido eléctrico.
- Es el principal soporte telefónico (voz).
- Actualmente se usa en redes locales de datos.

El cable coaxial. Conductor de metal interno rodeado por el aislamiento y un conductor exterior medianamente rígido, adjunto en una chaqueta de protección. Sus características son las siguientes:

- Es similar al par trenzado ya que consiste en dos conductores pero está construido en diferente modo lo que le permite operar sobre un mayor rango de frecuencias.
- Físicamente consiste de dos conductores cilíndricos concéntricos separados por un dieléctrico sólido.
- Tiene un ancho de banda de 350 MHz.
- Es mucho menos sensible que el par trenzado a las interferencias y crosstalk.
- Sus principales problemas son la atenuación, el ruido térmico y el ruido por intermodulación (si se usa FDM).
- Es el más versátil de los medios de transmisión ya que se utiliza en telefonía de larga distancia, transmisión y distribución de TV, LAN's y enlaces de corta distancia.
- Usando FDM puede llevar hasta 10,000 canales de voz simultáneos.
- Utilizado en la técnica "Community Antenna Television" (CATV) puede manejar decenas de canales de TV en un área de pocos kilómetros.

Fibra óptica. Un centro interno rodeado por un revestimiento exterior, ambas capas construidas de vidrio o material de plástico. Los conductores de fibra óptica conducen ondas ligeras en lugar de señales eléctricas. El cable normalmente incluye a un miembro mecánico interior para aumentar la fuerza de tiro; todos los elementos se encajonan en una chaqueta de protección.

Los desarrollos recientes en el campo de la tecnología óptica ha hecho posible la transmisión de información mediante pulsos de luz. Un pulso de luz puede utilizarse para indicar un bit de valor "1", mientras que su ausencia indicará la existencia de un bit de valor "0"; además, el ancho de banda de un sistema de transmisión óptica representa un potencial enorme.

Un sistema de transmisión óptica tiene tres componentes: el medio de transmisión, la fuente de luz y el detector. El medio de transmisión es una fibra ultradelgada de vidrio o silicio. La fuente de luz puede ser un LED o un diodo láser en tanto que el detector es un fotodiodo que genera un pulso eléctrico en el momento en que recibe un rayo de luz. Las características de las fibras ópticas se muestran a continuación:

- Físicamente pueden ser de vidrio ó plástico.
- Tienen un tamaño pequeño y su peso es ligero.
- Tienen un ancho de banda del orden de GHz. y una baja atenuación.
- Requieren de un menor número de repetidores.
- Son inmunes al ruido eléctrico.
- Solo pueden transmitir señales analógicas.
- Se utilizan en telefonía, redes locales y proyectos militares

Microondas. Aunque muchos de los sistemas de comunicación utilizan cables de cobre o fibras ópticas para realizar la transmisión de datos, algunos emplean el aire; tal es el caso de la transmisión de datos por microondas, rayos infrarrojos, rayos láser o radio.

La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en una escala de frecuencias que va desde 2 a 40 GHz. y es muy común que estos sistemas utilicen antenas parabólicas. Durante la etapa de instalación de dichas antenas debe de considerarse su ubicación, ya que requieren de una "línea de vista" y por tal motivo se deben de montar en torres de diversas alturas para evitar obstáculos.

Radio. La diferencia principal con las microondas es que el radio es omnidireccional y las microonda son enfocadas, además el radio no requiere antenas parabólicas rígidamente alineadas. El radio se aplica a las bandas de VHF y UHF desde los 30MHz hasta 1GHz y es utilizado en sistemas como el packet radio, el servicio celular y el teletexto.

#### ***4.4. Software del SCD y principales funciones de configuración.***

***Objetivo:*** En este tema el estudiante conocerá los elementos de software que intervienen en el funcionamiento de los sistemas de control distribuido, incluyendo los aspectos más relevantes de la configuración de las diversas funciones que se realizan.

El potencial de cualquier sistema que maneja datos de procesos, radica en la facilidad y flexibilidad para ser configurado y realizar diversas tareas. El software constituye la parte medular del SCD y está organizado en varios niveles para

manejar las funciones de adquisición, control en tiempo real, administración de la base de datos y el procesamiento del sistema supervisor. La configuración de la red local de control se realiza en la estación de manejo y consiste en:

- a) Identificar cada controlador local instalado y conectado a la red.
- b) Habilitar las funciones de tiempo real.
- c) Activa el reloj y el calendario de la red local.
- d) Visualizar la memoria instalada para el manejo de la base de datos.
- e) Si tiene instalados algunos de los accesorios, se puede introducir información adicional.
- f) Habilitar los procedimientos de pruebas en la red local conforme la configuración avanza.
- g) Definir las características de la base de datos en cada controlador local.
- h) Definir las características de la comunicación del controlador local.

La figura 4.11 muestra un esquema de las principales funciones del software de la red de control local.

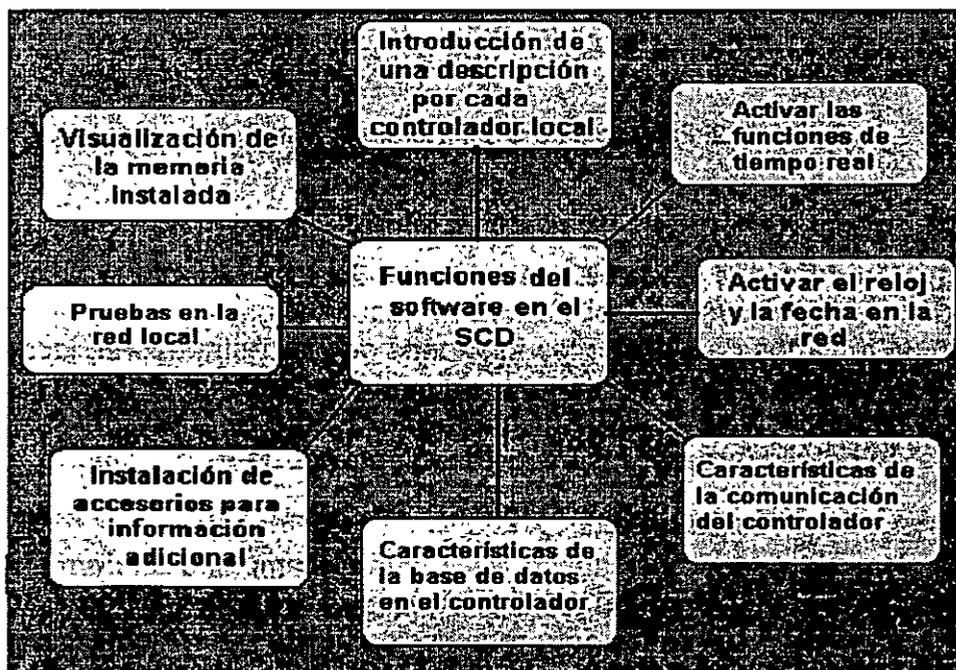


Figura 4.11. Software de la red de control local

Para ilustrar la forma de configurar las funciones mencionadas, en la figura 4.12 se muestra un ejemplo de una pantalla de configuración de un equipo comercial.

SERVICE ROUTINES		Wed Jan 01 19:27:38 1998
Routine Number	Description of Routine	
1	DATABASE SIZING ROUTINE	
2	INITIALIZE DATABASE ROUTINE	
3	SET UNIT TIME	
4	CLEAN UP DATABASE	
5	RECONFIGURE EXISTING UNIT'S DATABASE	
6	ADD A NEW UNIT TO DATABASE	
7	DELETE A UNIT FROM DATABASE	
8	CHANGE COMM PORT (currently 3)	
9	CHANGE BAUD RATE (currently 19200)	
10	CHANGE PARITY (currently NONE)	
11	CONFIGURE CARD SLOTS / INITIALIZE INTERNAL UNIT 899	
12	COPY CONFIGURATION UNIT TO UNIT	
13	COPY CONFIGURATION UNIT 899 TO/FROM FLOPPY DRIVE	

Figura 4.12. Formato para la configuración de una red local de un SCD.

Los dispositivos conectados a la red local se configuran por medio de formatos de pantalla predefinidos y completamente estructurados para cada dispositivo y tarea que debe programarse. Es obvio que en las estaciones de manejo se programan hasta los mínimos detalles de las funciones de los controladores locales, lo mismo que las funciones de monitoreo y comando, actualmente, incluso, se tiene la opción de configurar los instrumentos inteligentes de campo. Más adelante se abordarán detalladamente los aspectos esenciales de esta tarea.

El software de supervisión de un SCD está encaminado fundamentalmente a la generación de los elementos de la interfaz gráfica y los reportes, por lo que debe tener una amplia capacidad para manejar bases de datos, locales y remotas, con las herramientas para el procesamiento de la información contenida, la generación de consultas, con datos históricos y datos en tiempo real, y para la exportación de información a otros sistemas.

Las funciones de supervisión se desarrollan sobre la base de la configuración de las redes locales y de las bases de datos obtenidas a partir de ellas. Para la operación en línea y configuración, la estación de supervisión dispone de un software organizado típicamente para la edición de gráficos, manejo de la base de datos, la configuración de la estación y la operación en línea.

- El editor de gráficos permite la creación de reportes, tendencias y gráficos de proceso. Los gráficos de proceso pueden ser diseñados para mostrar estados de válvulas, niveles de tanques, gráficas de barras, datos numéricos, estaciones para cambios de punto de ajuste, transferencia de modo manual/automático, comando de secuencias y comando de programas de puntos de ajuste. El editor también permite definir qué datos serán leídos y/o escritos desde/hacia los dispositivos remotos de hardware, controladores locales.
- El manejador de la base de datos es usado para crear la base de datos que contiene los parámetros de los controladores locales, lo cual permite la interacción "on-line" con los puntos residentes en el controlador. También permite crear y modificar estructuras y bases de datos diseñadas por el usuario.
- El módulo de configuración provee opciones para cambiar la forma en que funciona el software de supervisión, efectuando las siguientes tareas:
  - Establecer el número de controlador locales direccionables en la red.
  - Crear un password para el editor gráfico.
  - Cambiar la configuración del editor gráfico.
  - Definir la cantidad de memoria para el buffer de la pantalla de la estación.
  - El número de parámetros por pantalla, típicamente en el orden  $10^2$ .
  - El número de pantallas gráficas limitado por la capacidad de memoria (una pantalla ocupa de 5 a 15 Kb).
  - Seleccionar el tiempo de actualización de los datos, típicamente con un mínimo en el orden de  $10^0$  segundos.
  - Configurar las comunicaciones, definiendo el puerto serie, velocidad de comunicación (baudaje), paridad, bits de stop y bits de datos.
- La operación en línea (on-line operation) permite usar pantallas, tendencias y reportes que han sido creados con el editor de gráfico. Por medio de este módulo las pantallas diseñadas operan en tiempo real con el proceso,

permitiendo visualizar los gráficos en forma dinámica. En el modo en línea se activan las referencias a las bases de datos para actualizar el despliegue de la interfaz con los valores actuales obtenidos en el hardware. Además, permite la edición en línea, para crear reportes y tendencias de datos, con lo que se tiene una adquisición y actualización de las bases de datos en tiempo real.

- Seguridad. El Software del sistema está provisto de varios niveles de acceso. Cada nivel tiene asignado un código numérico para permitir el acceso a datos predeterminados y parámetros del sistema. Los niveles de seguridad bajos permiten visualizar determinados grupos de parámetros y aceptar entradas específicas por el teclado. Los niveles medios permiten el acceso a la pantalla de estado de operación, la cual despliega y controla el modo de operación de los controladores locales. El estado de cada unidad puede especificarse como modo de programación, en línea o fuera de línea. El nivel más alto permite programar la información disponible en cada uno de los anteriores niveles de acceso.

La figura 4.13 muestra las funciones principales del software de supervisión y la figura 4.14 ilustra un ejemplo de acceso a esta parte de la configuración de un sistema comercial.

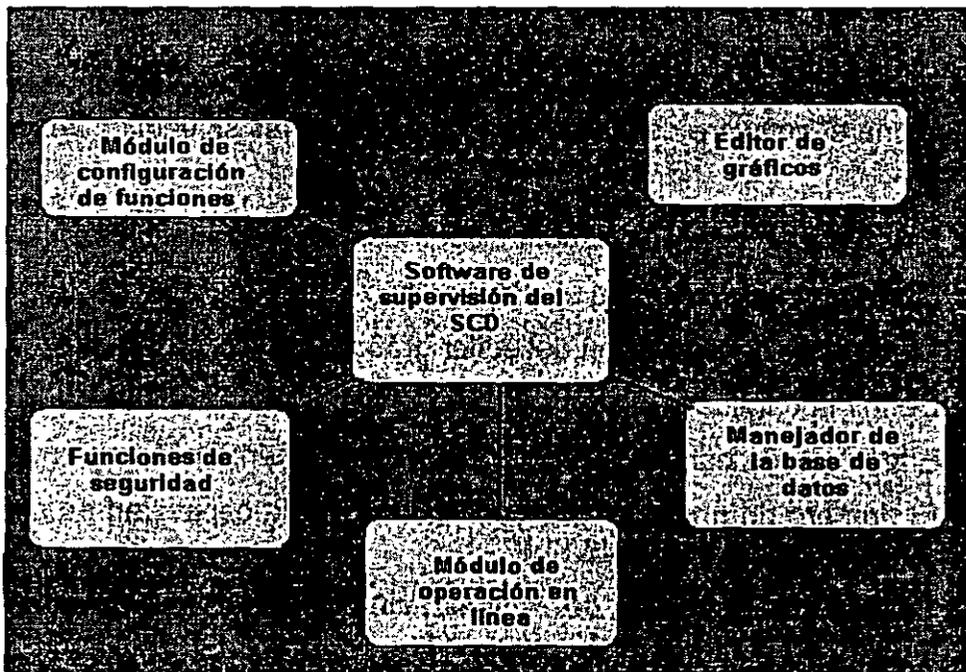


Figura 4.13. Software de supervisión del SCD.

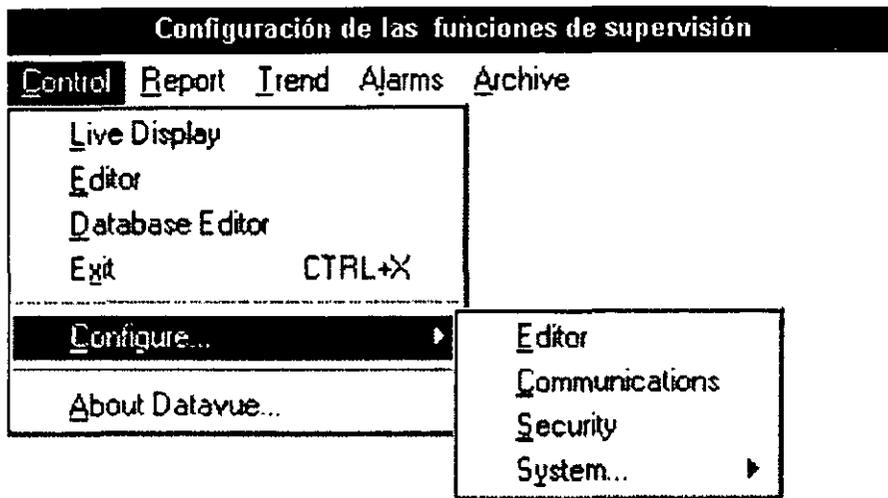


Figura 4.14. Acceso a la configuración de las funciones de supervisión

El software del SCD posee características de supervisión de su propio funcionamiento:

- Facilidades de autodiagnóstico.
- Alta confiabilidad y redundancia en diversos componentes críticos.
- Escalabilidad sobre la base de la capacidad instalada y expandibilidad para cubrir nuevos desarrollos del crecimiento de la planta.

#### **4.5. Plataforma operativa**

El Sistema Operativo es un conjunto de programas que se utiliza para administrar los recursos y operaciones de un sistema de cómputo, por lo cual, determina los estándares para los programas de aplicación que se ejecutan en la computadora.

El sistema operativo del equipo de cómputo de los SCD, constituye la plataforma sobre la cual se desarrollan las diversas tareas de programación que soportan a las funciones de adquisición, control y supervisión de los procesos, tanto en las estaciones de manejo local, como en las estaciones de supervisión. En computadoras multitareas, el sistema operativo es responsable de la operación simultánea de uno o más programas (trabajos), por lo que deben poseer características avanzadas para asignar prioridades a los programas, de modo que las tareas se ejecuten en orden; por ejemplo: para proveer de un tiempo de respuesta rápido a los usuarios de terminales, puede asignársele una prioridad

baja a los programas que serán procesados por lotes y una prioridad más alta a los programas interactivos.

La ejecución de tareas múltiples se logra diseñando con un sistema operativo que permite la ejecución de instrucciones de manera simultánea a la entrada o salida de datos en la computadora, de tal forma que, en los segundos que tarda un usuario en teclear datos, se pueden ejecutar millones de instrucciones para decenas o aun cientos de otros usuarios, o bien, en los milisegundos que tardan los datos en circular hacia o desde el disco, se pueden ejecutar miles de instrucciones para otra tarea.

Originalmente, los sistemas de control basados en una computadora personal, con el sistema operativo DOS, tuvieron la gran limitación de que solamente podían efectuar una tarea a la vez. Por ejemplo, la medición de una variable analógica en tiempo real y su almacenamiento en disco duro necesita de catorce interrupciones por parte de DOS para acceder al disco duro, por lo que es necesario deshabilitar otras interrupciones, lo que resulta inaceptable en funciones de control y automatización. Lo anterior originó que se hicieran modificaciones en las rutinas de interrupción del DOS, pero se tuvieron complicaciones en la estructura del software, en el depurador y en la sincronización. Estas complicaciones motivaron la búsqueda de mejores opciones y continuar el desarrollo de software multitareas.

El sistema operativo multitareas iRMX de Intel represento la mejor opción. Este sistema aunado a Windows le proporciono al MS-DOS el control en tiempo real. El iRMX para Windows encapsula al MS-DOS corriendo en cualquier máquina PC, IBM compatible, 386 o superior, convirtiéndola en una máquina virtual, con capacidad para ejecutar tareas múltiples, abriendo las puertas al uso de las computadoras personales en la administración de procesos y aplicaciones de control. Esto permitió que al monitoreo y control de procesos se sumaran nuevas herramientas como los programas de visualización y el software orientado a objetos.

#### ***4.5.1. Adquisición de datos: entradas y salidas.***

El software del SCD asegura la adquisición de señales analógicas y binarias, también llamadas discretas o digitales, provenientes de los instrumentos de campo y proporciona las salidas, también de tipo analógico y binario, que se aplican a los actuadores y accionamientos binarios. En general, se realizan las siguientes funciones en este aspecto:

- Adquisición de señales de variables físicas y escalamiento en unidades de ingeniería.
- Recopilación y seguimiento de variables ("Trending").
- Almacenamiento y recuperación de datos históricos en el nivel de supervisión.
- Procesamiento de variables adquiridas, en el nivel de supervisión: estadística, cálculo, muestreo.

La configuración de la adquisición es un paso muy importante dado su impacto en las funciones posteriores de control y supervisión. Una vez que se ha realizado la configuración de la red local se configura lo siguiente:

- a) Adquisición de datos. Para realizar esta función debe instalarse y reconocerse la tarjeta apropiada en el controlador local, ya que las señales de proceso son conectadas en este dispositivo. En la figura 4.15 se muestra la pantalla de identificación de los módulos de un controlador local. Asimismo se procede a definir los rangos de las entradas analógicas en unidades de ingeniería, tal como se ejemplifica en la figura 4.16.
- b) Especificación de los puntos en el sistema. Esta etapa de la configuración se inicia etiquetando cada punto, con base en los formatos como el que se muestra en la figura 4.17; después de asignar etiquetas, es necesario establecer para cada punto su función y la forma en que será procesado. Dentro de estas especificaciones se tiene la programación de rangos analógicos, entradas y salidas analógicas, entradas y salidas discretas, puntos o variables calculadas, variables para los lazos de control, niveles de alarma, constantes, etc. Cualquier cálculo lógico ó matemático puede ser usado para combinar, comparar ó evaluar esos puntos y de esta manera producir las funciones de control, salidas y alarmas deseadas. de los puntos en el sistema.

Local Processing Unit - Card and TB Slots			Type of Unit
Slot No.	Card Type	Designations	
TB slot # 1	AO Base Card		Control
Module #1	dual CAI	AO 1, 2	MICROMAX LPU I
Module #2	dual CAI	AO 3, 4	
Module #3	No Card Present		Accessories and Options Present
Module #4	No Card Present		
TB slot # 2	7 DI's / 8 DO's	DI 1-8, DI 1-7	
TB slot # 3	15 Solid State DI's	DI 8 to Z2	
TB slot # 4	18 Relay DO's	DO 9 to 18	RS422 Comm. Port
TB slot # 5	15 Low Level DI's	AI 1 to 15	Time Cyc. .75 sec.

Figura 4.15. Identificación de los módulos de un controlador local.

ANALOG RANGE PROGRAMMING								
PAGE 1 OF 4								
Prog.	Input Type	Displayed Range		F/C	Dir/ Ind	Electrical Range		Elect. Units
		Low	High			Low	High	
1	Volts	0.0000	31.5000	deg C	Ind	1.0000	5.0000	V
2	Volts	0.0000	21.0000	deg C	Ind	1.0000	5.0000	V
3	Volts	0.0000	21.0000	deg C	Ind	1.0000	5.0000	V
4	Volts	1.0000	5.0000	deg C	Ind	1.0000	5.0000	V
5	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
6	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
7	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
8	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
9	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
10	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
11	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
12	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
13	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
14	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
15	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V
16	NO INPUT	0.0000	0.0000	deg C	Dir	0.0000	0.0000	V

Figura 4.16. Formato en pantalla para definir los rangos de las entradas analógicas

AI No.	Skip	Range				Open Input		Description	Tag
		Cur No.	Low	High	Units	Chk	Default		
1		Yes 1	0.0000	33.500		No	15.000	---	
2		Yes 2	0.0000	21.000		No	10.000	---	
3		Yes 3	0.0000	21.000		No	10.000	---	
4		Yes 4	1.0000	5.0000		No	1.0000	---	
5		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
6		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
7		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
8		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
9		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
10		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
11		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
12		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
13		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
14		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	
15		No 0	-2.000	5.0000		No	unused	---	

Figura 4.17. Formato de configuración de entradas analógicas.

#### 4.5.2. Control y funciones especializadas.

Las funciones de control y automatización son el origen de los SCD; el software que aplica los diversos algoritmos, reside en el CPU de los controladores locales, en donde se realizan los ciclos de ejecución de las funciones de regulación y de las funciones PLC, y en su caso las funciones de control híbridas y avanzadas. Las funciones control y automatización estándar se enuncian a continuación:

- Cálculo de variables.
- Control de lazo cerrado o regulación "loop control".
- Control lógico y secuencial "logic control".
- Programadores de punto de ajuste "drum sequencers".
- Control batch.

Para la realización del control es de vital importancia establecer el orden de ejecución de las instrucciones de cálculo, los lazos de control y los programas de punto de ajuste; esta secuencia será realizada durante un ciclo de ejecución ó intervalo de actualización. Durante ese intervalo de tiempo, la CPU del controlador local, lee todas las entradas, realiza todos los cálculos y actualiza el valor de todas las salidas. En el controlador local, el tiempo del ciclo de ejecución es configurado en el hardware, con selectores en el orden de  $10^2$  milisegundos y debe ser suficiente largo para que la CPU realice la secuencia programada. Las funciones de automatización PLC operan en un ciclo de ejecución de menor duración. El algoritmo secuencial del PLC es ejecutado en un ciclo de una fracción del orden de  $10^{-1}$  del anterior. En la figura 4.18 se muestra un esquema de los ciclos de ejecución de ambos tipos de control.

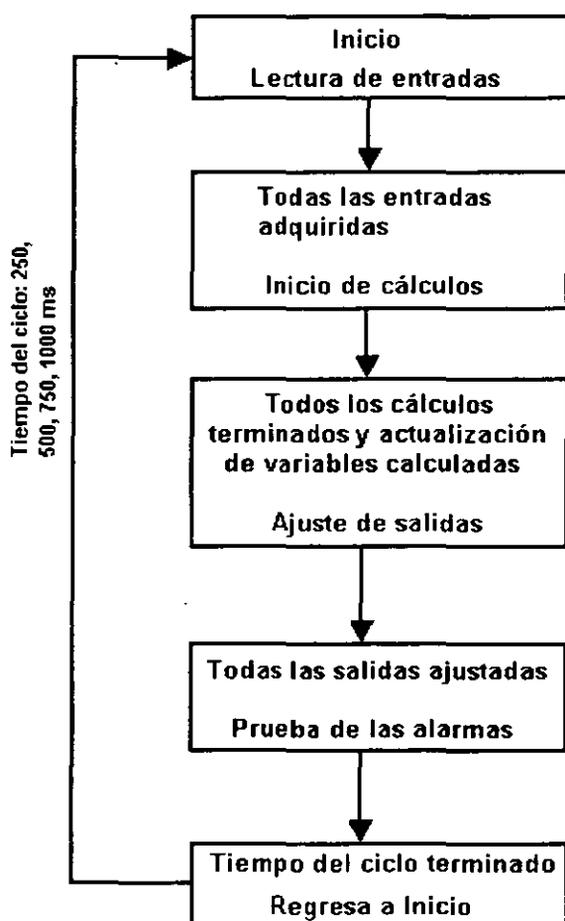


Figura 4.18. Ciclos de ejecución de las funciones de control.

A continuación se describen brevemente los procedimientos de configuración de las funciones de control.

- a) Regulación o lazo de control analógico. Con las tarjetas apropiadas, el controlador local puede ser configurado para contener hasta 8 lazos de control individuales separados o relacionados en esquemas compuestos, cuya salida de control puede acondicionarse en las tarjetas de salidas analógicas para actuadores de tipo ajuste de corriente (CAT) o de duración de pulso de corriente (DAT). En la figura 4.19 se tiene un ejemplo del formato de configuración de un lazo de control.

Unit 1		RATIO CONTROL LOOP SPECIFICATION		Wed Mar 04 19:12:05.4998	
Loop 1 --					
Process Variable		Set Point		Output	
-0.041		0.3513		1.6726	
		LOC		AUTO	
				Deviation	
				-0.351	
Process Var	-0.038			Gain	1.0000 OFF
Hi Limit	21.000			Reset	OFF OFF
Lo Limit	0.0000			Rate	OFF OFF
				Tune Select	OFF
Remote Set Pt	-0.016	Ratio	1.0000	Approach Hi	0.1000
Local Set Pt	0.0652	Bias #1	0.1000	Approach Lo	0.1000
Marking Set Point		Bias #2	OFF	Manual Reset	OFF
Hi Limit	0.5652	Wild Variable	0.0652	Control Action	REV
Lo Limit	0.0000	OFF	Force Manual	LSP Tracking	HSP
Slew Limit	0.1000	OFF	Force Local	Feedback	20.000
Feedforward	OFF	OFF	Change Action	Preset Out	OFF
Reset Limit	OFF				

Figura 4.19. Ejemplo de configuración de un lazo de control.

- b) La configuración de la lógica puede ser efectuarse gráficamente por medio de diagramas secuenciales en la estación de manejo, usando símbolos lógicos estándar para compuertas, contadores, temporizadores, etc. A estos elementos se les pueden asignar nombres para describir funciones del proceso. Un controlador local puede contener hasta dos programas de set-point activos en memoria. Ver figura de configuración

en diagrama de escalera. Un ejemplo de la programación del control lógico y secuencial, mediante este tipo de diagramas se muestra en la figura 4.20.

c) Complementariamente, los SCD disponen de diversas funciones de alto nivel para efectuar tareas especializadas o de mayor complejidad, las cuales no se resuelven con las herramientas comunes. El uso de las funciones avanzadas requiere de un planteamiento muy claro del problema que se quiere resolver y de una aportación mayor de conocimientos de ingeniería por parte del diseñador. Las funciones avanzadas típicas son:

- Control avanzado
- Interfaz con lenguajes de alto nivel (C++)
- Opciones avanzadas de alarma
- Procesos de optimización y estadística

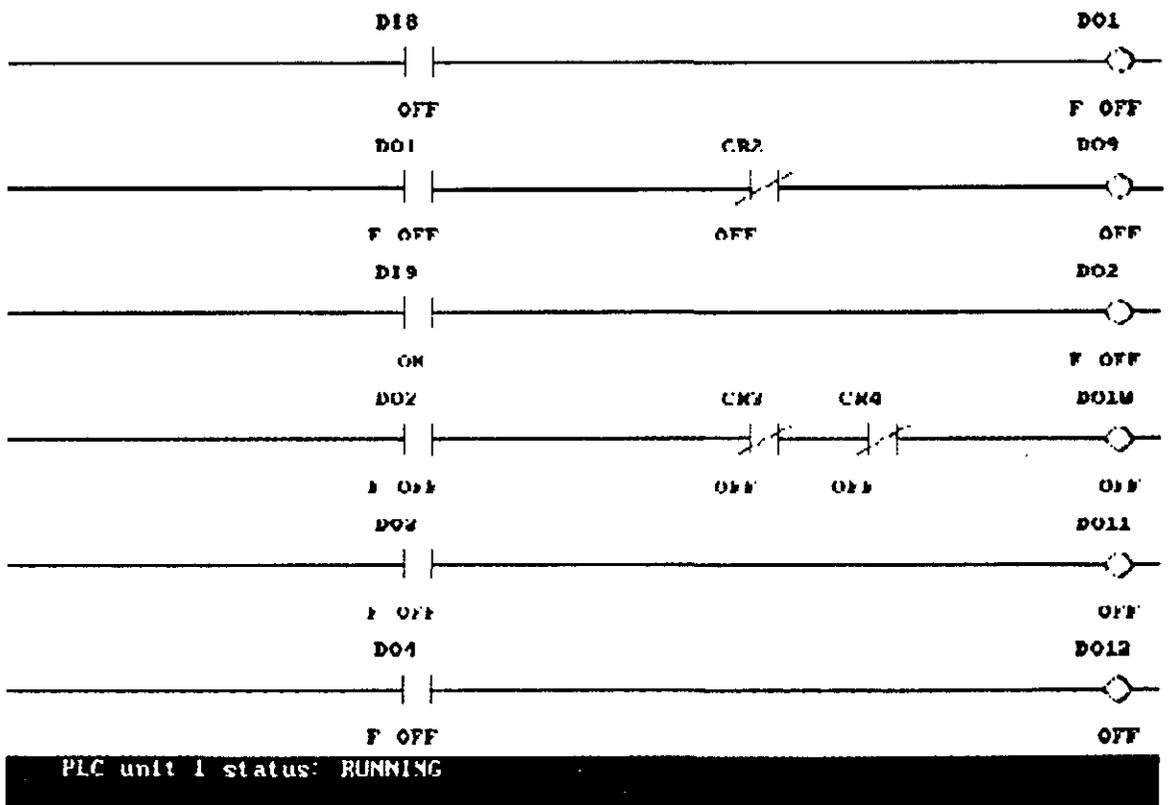


Figura 4.20. Ejemplo de programación en diagramas de escalera.

#### **4.5.3. Interfaz de operación (HMI) y manejo de datos.**

El software de supervisión del SCD tiene una presencia muy notoria en las funciones de interfaz humano máquina ya que emplea diversas interfaces gráficas para la supervisión del proceso y el propio sistema. Otros términos que se utilizan para referirse a las interfaces de operación son: GUI (Graphical User Interface), MMI (Man Machine Interface) y HMI (Human Machine Interface).

En los modernos sistemas de control de procesos, la presentación de datos provenientes de los sensores, reguladores y alarmas ha dejado de hacerse mediante indicadores de aguja y similares, para ser sustituidos por una pantalla de visualización en color, incorporando además, la presentación de datos históricos, tendencias, gráficas en tiempo real e históricas del proceso, etc. Esta interfaz no solo trata de la presentación de resultados de cualquier tipo y de cualquier forma, sino, de ejecución de ordenes del operador, modificando características del sistema, ordenes dadas mediante un lenguaje gráfico o con un teclado especial con teclas funcionales. En resumen una interfaz de operación es una combinación de Menús, diseños de pantalla, ordenes de teclado, lenguaje de órdenes y pantallas de ayuda, que en conjunto conforman la manera en que el usuario interactúa con el proceso. El Hardware, tal como un ratón o una pantalla táctil también quedan incluidos dentro de esta categoría.

Una interfaz de operación correctamente diseñada es vital para el éxito de un paquete de software. Con el tiempo, el vídeo interactivo, reconocimiento de voz y la comprensión del lenguaje natural provocarán cambios dramáticos en las interfaces de operación de hoy en día.

Las interfaces de operación desplegadas en la pantalla de la estación supervisora son, típicamente:

- Despliegue en tiempo real de valores y curvas de tendencia.
- Despliegue de valores y curvas de tendencia históricas.
- Menús de acceso y selección.
- Diagramas mímicos del proceso, de tipo global y de detalle de las zonas u operaciones, con actualización dinámica.
- Despliegue de estaciones o funciones de comando.
- Despliegue de condiciones de alarma.

La MMI tiene como primer servicio importante manejar los datos obtenidos de los controladores locales, para monitorearlos, a través de la estación de supervisión y

con esto, permitir al operador, modificar o revisar algunos parámetros, como las constantes de sintonización de los lazos de control y de las funciones lógicas; asimismo se pueden tener las gráficas de tendencias con los valores del proceso en tiempo real. Los datos pueden enviarse a un dispositivo de almacenamiento, impresión o a un destino remoto a través del puerto de comunicaciones. En resumen, los datos pueden ser desplegados, almacenados e impresos en una gran variedad de formatos, como listas tabulares, gráficas de barras y gráficas de tendencias. La figura 4.21 muestra un esquema de las funciones de interfaz (HMI).

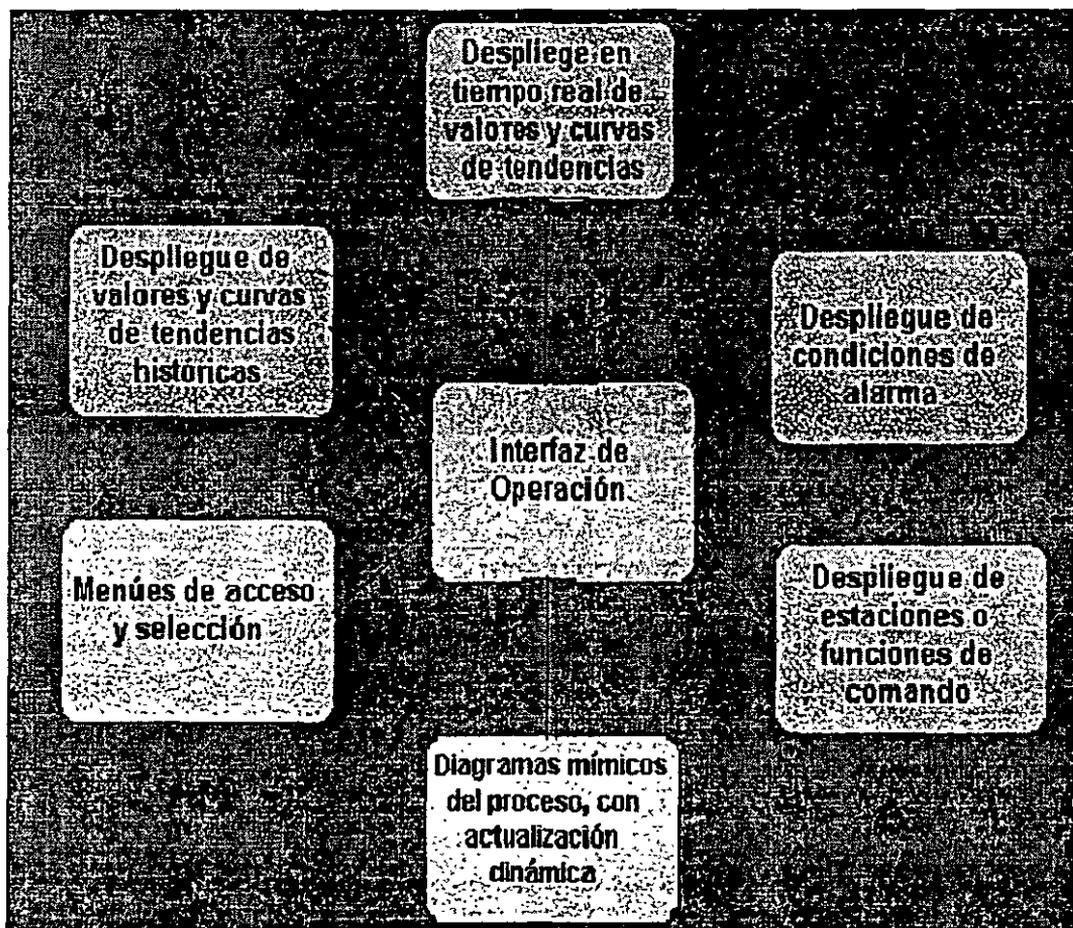


Figura 4.21. Elementos de despliegue de la interfaz de operación.

En la figura 4.22 se muestran un ejemplo de los elementos de la interfaz humano máquina de un SCD; se trata de un despliegue de los gráficos de la tendencia de varias variables de proceso, en donde se señalan las principales características de estos despliegues. Una forma típica de presentación de la respuesta de un proceso es por medio de un gráfico de valores del proceso en función del tiempo; a este gráfico se le denomina de tendencia. Un despliegue de este tipo puede mostrar hasta un máximo de 12 variables y/o parámetros. Previamente a la

creación de una gráfica de tendencia o un reporte, es necesario configurar una base de datos. En la figura 4.23 se muestra un ejemplo al respecto.



Figura 4.22. Recopilación y seguimiento de variables

Figura 4.23. Ejemplo de una pantalla de edición de una tendencia

La configuración de las tendencias incluye la definición de los siguientes elementos:

- Velocidad de muestreo.
- Tiempo de actualización de la variable en la base de datos: el tiempo mínimo es de 1 segundo.
- Número máximo de muestras: cantidad de muestras que se almacenan por cada gráfica. El número máximo es de 1000.
- Superposición de gráficos.
- Almacenamiento de los datos históricos
- Tipo y número de variable que se quiera visualizar en la gráfica de tendencia.
- Selección del nombre del archivo donde se almacenará la gráfica.
- Selección de la característica de la variable: entrada, salida, calculada, etc.

La gráfica puede ser creada por medio de una pantalla de configuración como la mostrada en la figura 4.24, en donde se tiene acceso a las siguientes características.

- Selección de la opción gráfica de tendencia.
- Definición del tipo de gráfica: horizontal o vertical.
- Definición de los colores asociados a la tendencia y a cada variable que se incluye.
- Selección del nombre de la base de datos que va a utilizar esta gráfica.

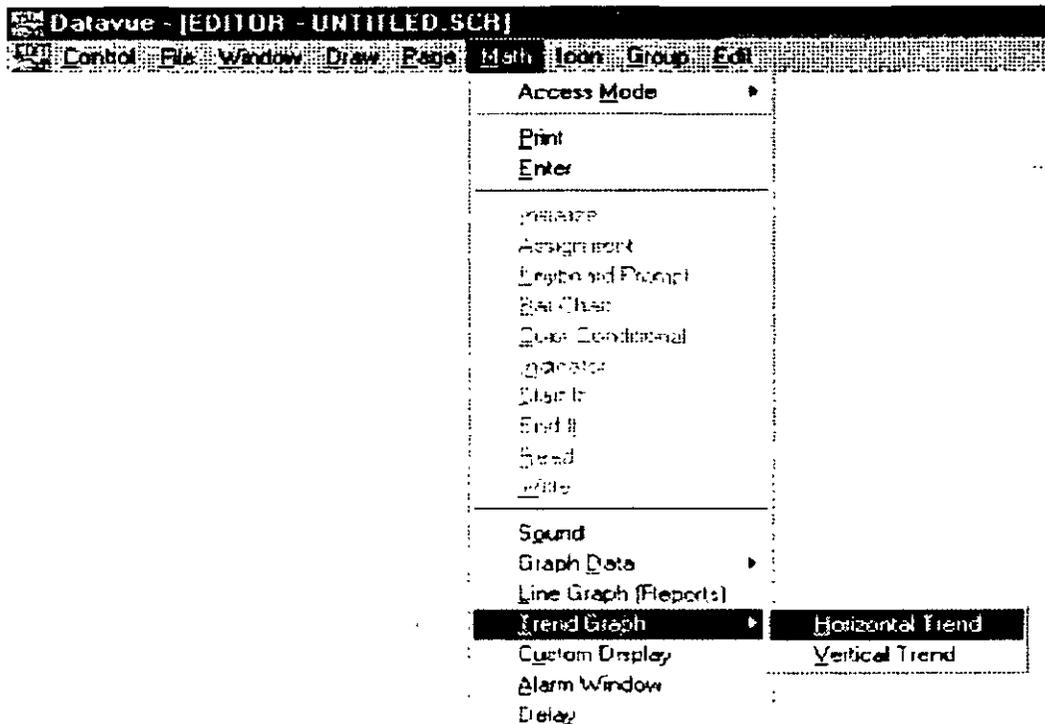


Figura 4.24. Ejemplo de la configuración del tipo de gráfica.

En la figura 4.25, se muestra el diagrama mímico-dinámico de un proceso químico, que incluye la facilidades de operación que se presentan en este tipo de interfaces, como la animación de los elementos del diagrama, el despliegue de valores de las variables, las estaciones de comando para actuadores binarios, las estaciones de sintonización de los controladores de lazo cerrado, las áreas de despliegue de condiciones de alarma, los módulos de enlace con otros despliegues, etc.

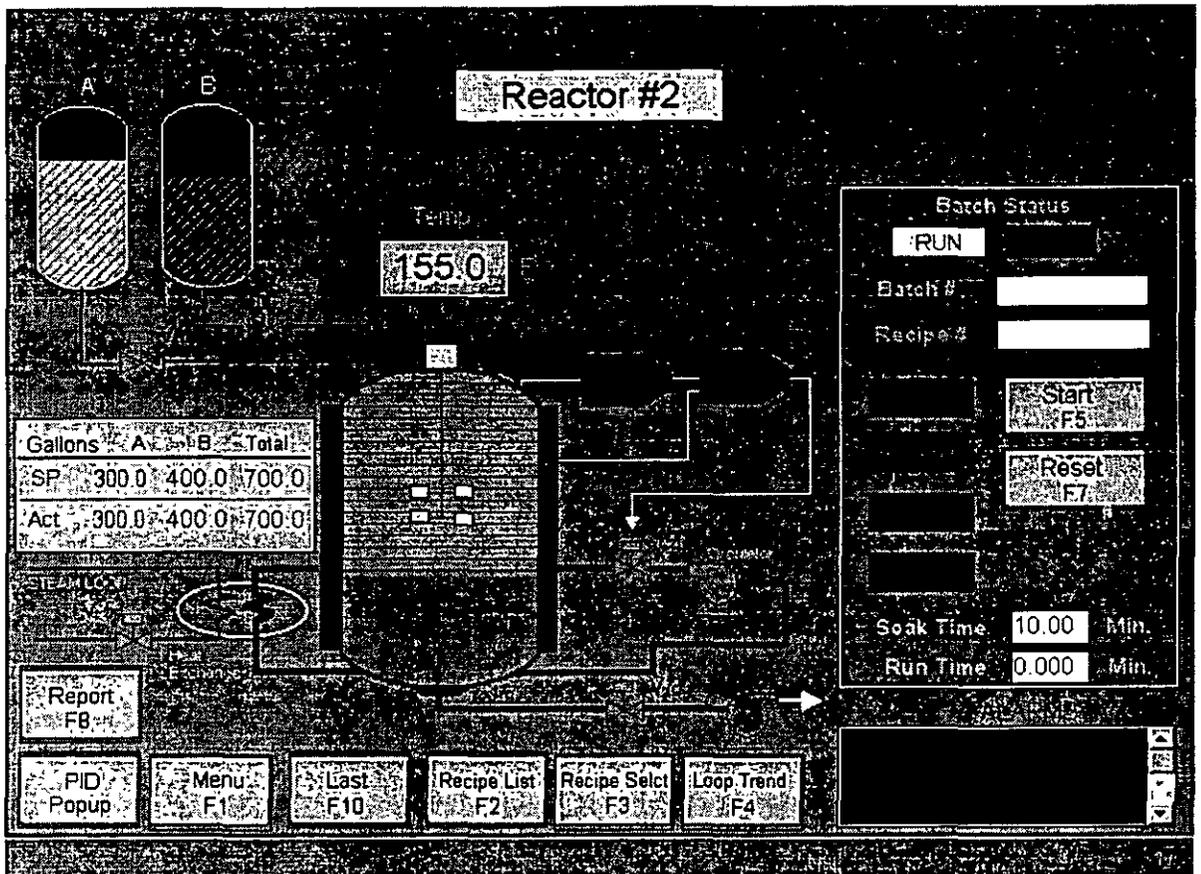


Figura 4.25. Ejemplo de los mimicos dinámicos e interactivos.

Complementariamente a los despliegues de pantalla, el software de los SCD hacen habilitan una amplia gama de generación de reportes para documentar las condiciones de operación del proceso, en donde se incluyen diversos cálculos de totalizaciones, promedios, estadísticas de las variables, cálculos de eficiencia, y otros elementos de información que dan cuenta al supervisor del desempeño del proceso o información selecta para la toma de decisiones en otros niveles de la pirámide de automatización.

Los reportes tienen entre otras características, principalmente las siguientes:

- Edición fuera de línea de diversos formatos.
- Configuración sencilla de los tiempos de inicio y duración del reporte.
- Campos para los valores calculados y para introducir información de los operadores o responsables de la operación.

- Facilidades de seguimiento y procesamiento de señales de alarma

La figura 4.26 muestra el formato de un reporte de producción de un SCD, señalando los campos y características principales que lo constituyen.

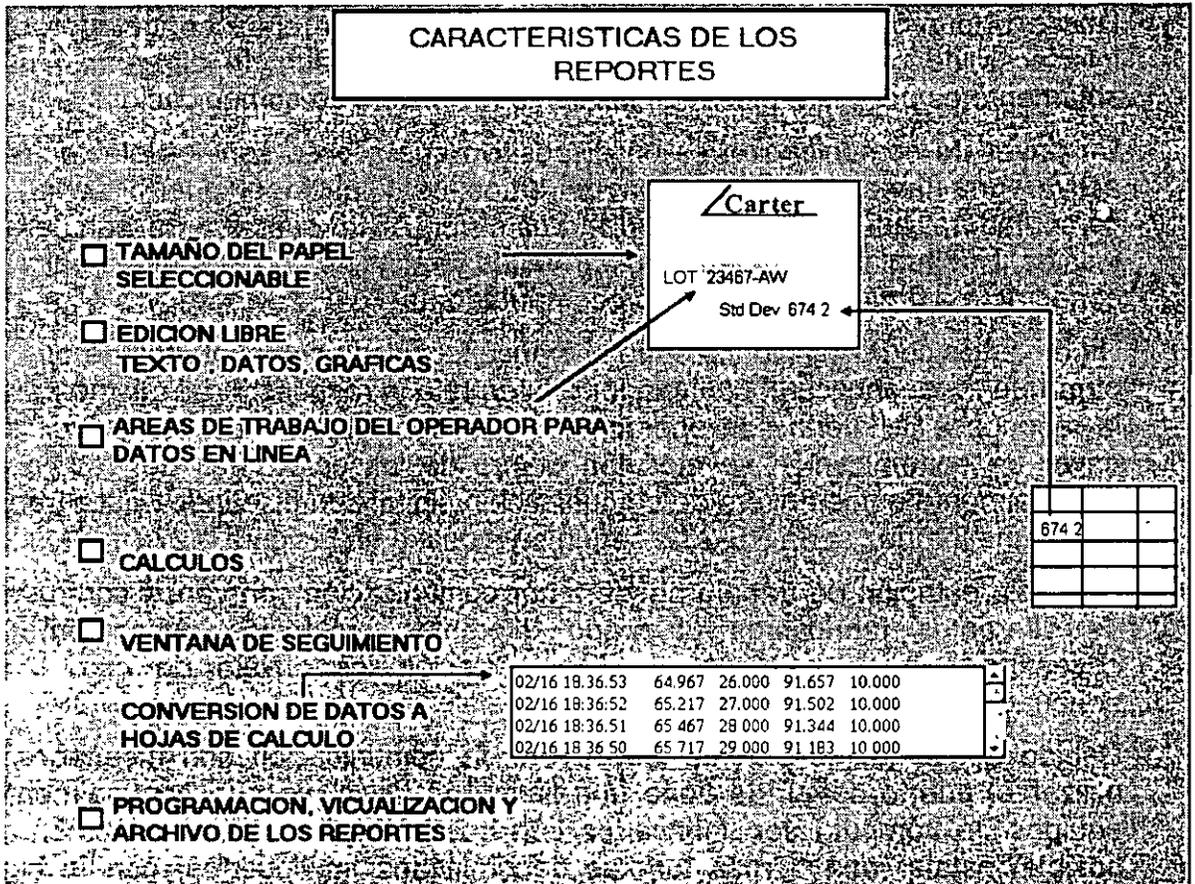


Figura 4.26 Características de un reporte en un SCD.

Para la creación de un reporte es necesario:

- Especificar la información que se desea y la forma de la presentación.
- Crear un tipo de registro y una base de datos para cada uno de los campos del reporte.
- Crear la pantalla de acuerdo con lo anterior; se pueden crear columnas que se llenaran automáticamente en los intervalos establecidos.
- Registrar la pantalla como reporte.

- Iniciar el reporte, en línea, empleando la pantalla configurada como base, pero dándole un nombre único a cada reporte.

#### 4.5.4. Protocolos de comunicación

Desde el punto de vista del software, la comunicación entre controladores y las interfaces de operación comerciales y propietarias, aun de diferentes marcas, solamente es posible empleando los llamados drivers de comunicación.

Un driver de comunicación es un dispositivo que provee señales eléctricas para activar una línea de transmisión de datos de y hacia el puerto serial de la computadora, así mismo provee de transmisión ASCII simple para transferencias locales. Habitualmente, puede emular varias terminales no inteligentes para poder conectarse a redes de mini y macrocomputadoras.

Un driver de comunicación adecua el mensaje enviado por la interfaz de operación para que lo reconozca el controlador e interpreta la respuesta del mismo para que la reconozca la interfaz de operación. Físicamente la interfaz de operación y el driver de comunicación se ejecutan dentro de las estaciones de trabajo (PC). Generalmente estos drivers de comunicación digital son diseñados para transmitir sobre una interfaz serie RS-232, según se muestra en la figura 4.27 (a).

Una sola estación de trabajo puede tener comunicación con varios controladores de diferentes fabricantes utilizando diferentes protocolos, únicamente será necesario que se ejecuten en dicha estación los drivers de comunicación adecuados para cada controlador.

Debido a que la mayoría de los drivers de comunicación son diseñados para utilizar el puerto serial, se tiene una limitación física, ya que nominalmente los equipos de cómputo son fabricados con dos puertos seriales, sin embargo es posible instalar una o más tarjetas denominadas multipuertos, con lo cual se aumenta la capacidad de las estaciones de trabajo, de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.27 (b).

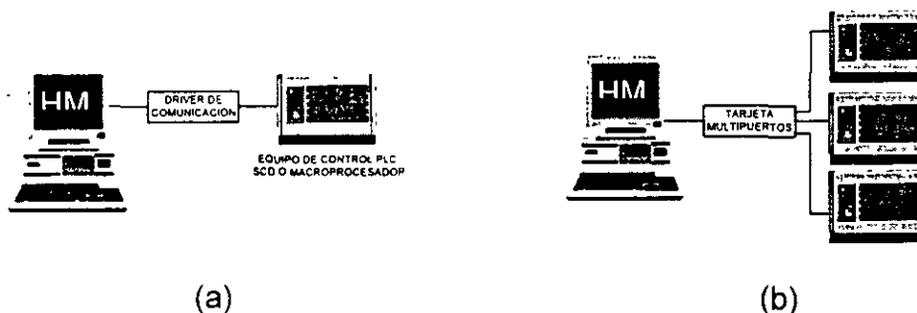


Figura 4.27. Drivers de comunicación.

Es importante resaltar que la construcción de los drivers se efectúa sobre la base de los protocolos de comunicación en redes de control distribuido.

#### **4.5.4.1. Protocolos y arquitecturas de comunicación**

Un protocolo es un conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de datos entre dos entidades, esto es, para que dos entidades se entiendan, deben "hablar" el mismo lenguaje, el cual deberá estar conformado de los siguientes elementos:

- Sintaxis. Define los formatos de datos y niveles de señales.
- Semántica. Incluye la información para el control, coordinación y manejo de errores.
- Temporización (timing). Determina el apareo de velocidades y la secuencia de manejo de la información.

Existen funciones que son básicas en un protocolo:

1. Fragmentación y reensamble. Se refiere al hecho de romper el mensaje (intercambiado entre dos entidades) en bloques más pequeños de datos, denominados PDU's (Protocol Data Units), esto se hace debido a lo siguiente:

- La red esta limitada para aceptar ciertos tamaños en los mensajes.
- El control de errores se hace más eficiente.
- El acceso al medio de comunicación es más equitativo al ser compartido con poco retardo.

Existen a su vez las siguientes desventajas:

- Por cada PDU hay información de control y por lo tanto más información excedente (Overhead).
- Las PDU's pueden generar interrupciones.
- Se requiere más tiempo de proceso al aumentar el número de PDU's.

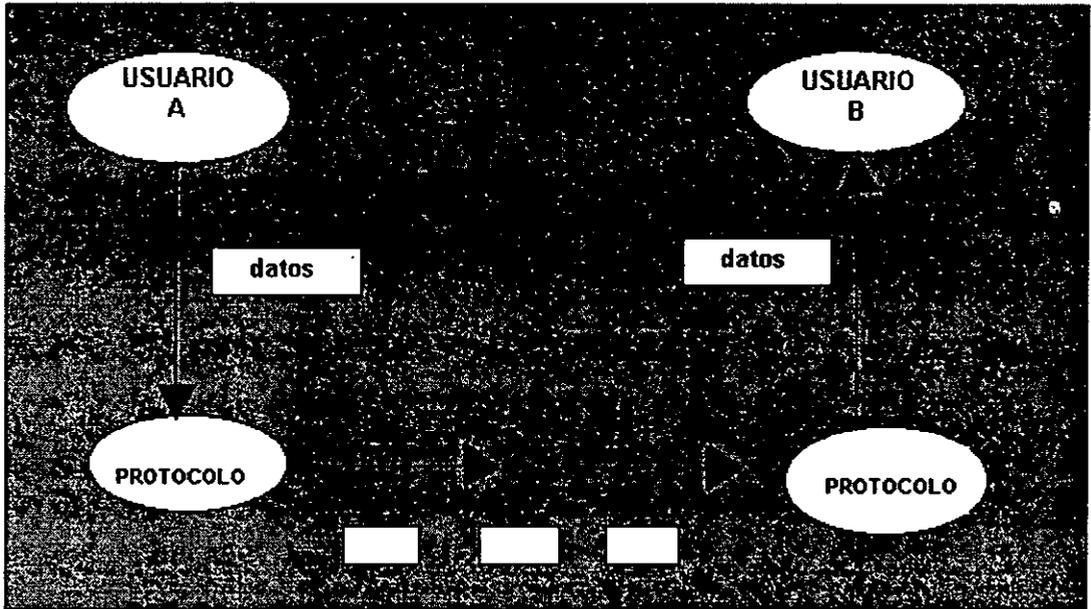


Figura 4.28. Fragmentación y reensamble.

2. Encapsulado. Es la adición de información de control a los datos, la cual puede ser:

- La dirección del que envía o recibe.
- El código de detección de error.
- El control del protocolo para realizar la verificación de las funciones antes mencionadas.

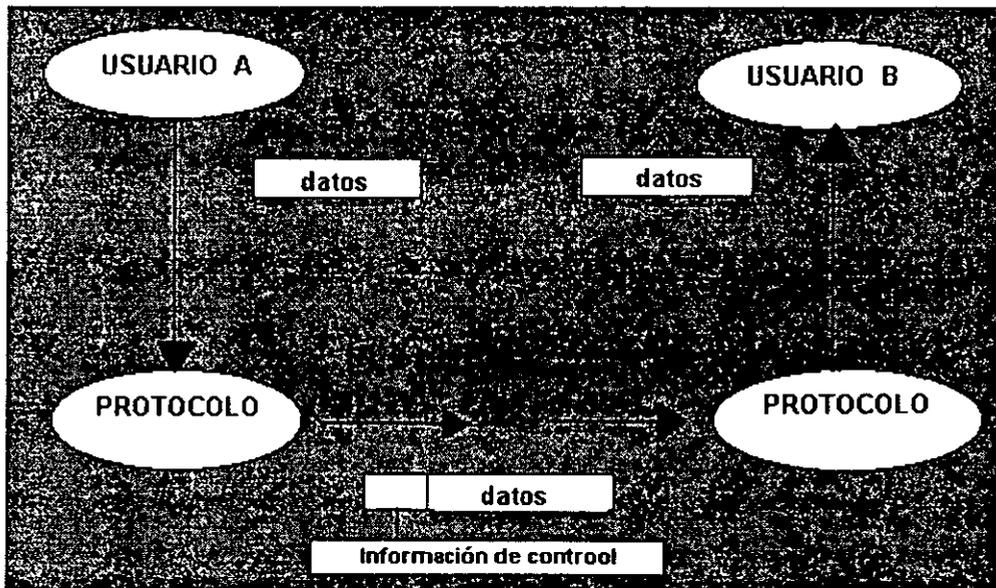


Figura 4.29. Encapsulado.

3. Control de la conexión. Ocurren tres fases en el establecimiento de un enlace lógico o conexión lógica:

- Establecimiento de la conexión.
- Transferencia de datos.
- Terminación de la conexión.

Durante la primera fase dos entidades acuerdan el intercambio de datos. Típicamente una entidad solicita la conexión y la entidad receptora acepta o rechaza la petición de llamada. Una vez aceptada la conexión, la siguiente fase es la transferencia de datos la cual incluye datos e información de control. Finalmente cuando uno u otro lado desean terminar la conexión se envía una petición de terminación.

4. Control de flujo. Es la función ejecutada por la entidad receptora, para limitar la cantidad de datos o velocidad de datos que están siendo enviados por la entidad transmisora. El método más simple es el de PARADA-ESPERA, en donde cada paquete o trama de información debe ser reconocido y autorizado antes de que se envíe el siguiente. Esta es una de las funciones que debe ejecutarse en protocolos de varios niveles.

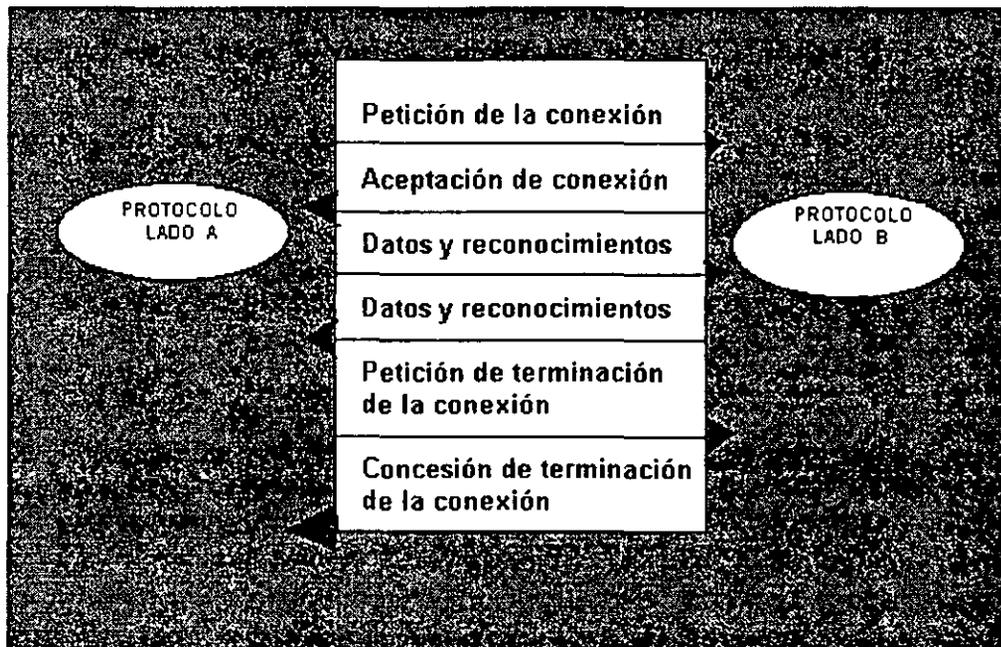


Figura 30. Control de conexión.

5. Control de error. Esta función especifica el mecanismo de detección de error para tener un sistema confiable, dicho mecanismo puede ser desde un bit de paridad hasta sofisticados algoritmos de CRC.

6. Sincronización. Esta función permite conocer el estado actual en que se encuentran dos entidades, por ejemplo inicialización, verificación de apuntadores, verificación de terminaciones, etc.

7. Secuenciamiento. Es la función del protocolo que identifica (mediante una numeración consecutiva), el orden en el cual las PDU's fueron enviadas. Esta función esta orientada a operar bajo el contexto de la transferencia de datos orientada a conexión, mencionada en el inciso anterior. El secuenciamiento sirve para tres propósitos principales:

- Entrega ordenada.
- Control de flujo.
- Control de error.

8. Direccionamiento. Es una función muy importante para establecer el enlace entre dos entidades, sobre una trayectoria de comunicación en diversos El direccionamiento debe de contener un nombre que indique el elemento, una dirección para ubicarlo y una ruta que indique cómo llegar.

9. Servicios de transmisión. Son funciones particulares de un protocolo que se pueden ofrecer como un "valor agregado" entre entidades, por ejemplo: prioridades, grados de servicios y seguridad, entre otros.

Cuando se tiene un conjunto estructurado de protocolos que realizan entre todos la función de la comunicación, en vez de usar uno solo, se dice que se tiene una arquitectura de comunicación entre computadoras.

Existen diferentes maneras de estructurar a los elementos de un conjunto de protocolos, el modelo actual bajo el que se manejan la mayoría de los diseños y marcas en tecnología de comunicaciones de datos es el modelo jerárquico de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI (Open Systems Interconnection), desarrollado por la Organización Internacional de Estándares ISO (International Standards Organization) en 1984. En el Anexo 2.0 de este mismo módulo se definen los niveles del modelo de referencia OSI.

El modelo OSI tiene siete niveles y los principios aplicados para el establecimiento de los mismos son los siguientes:

- Cada nivel deber efectuar una función bien definida.
- La función que realizar cada nivel deber seleccionarse con la intención de definir protocolos normalizados internacionalmente.
- Los límites de los niveles deberán seleccionarse tomando en cuenta la minimización del flujo de información a través de las interfaces.
- El número de niveles deberá ser lo suficientemente grande para que funciones diferentes no tengan que ponerse juntas en el mismo nivel y, por otra parte, también deberá ser lo suficientemente pequeño para que su arquitectura no llegue a ser difícil de manejar.
- No crear muchos niveles, ya que esto haría más difíciles las tareas de ingeniería, tales como la descripción e integración de los niveles.
- Crear un límite donde la descripción de servicios (de cada nivel) pueda ser pequeña y el número de interacciones entre los límites sea minimizado.
- Crear niveles separados para realizar funciones que sean notoriamente diferentes, ya sea en el proceso realizado o la tecnología involucrada
- Crear un nivel con funciones fácilmente localizadas de tal manera que pueda ser totalmente rediseñado y sus protocolos cambiados para que tomen las ventajas de los nuevos avances en tecnología de arquitectura, hardware o software sin cambiar los servicios esperados y provistos a los niveles adyacentes.
- Crear para cada nivel límites con su nivel superior e inferior solamente.

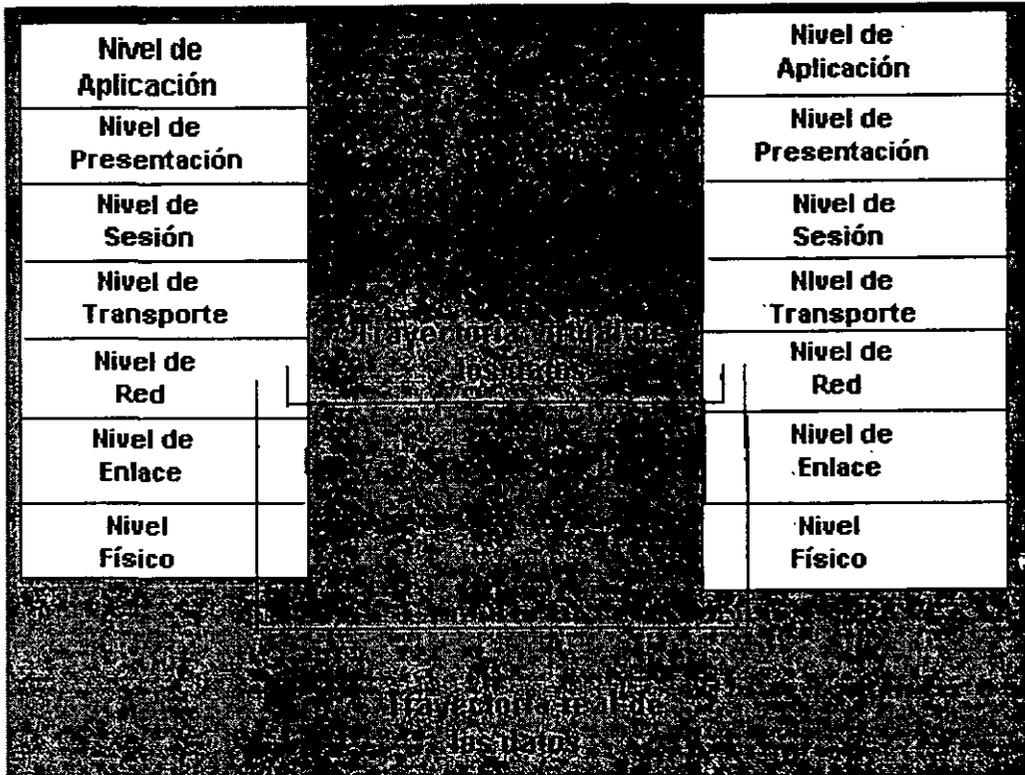


Figura 31. Los siete niveles del modelo OSI.

#### Objetivos del modelo OSI:

- Proporcionar una base común para el desarrollo de estándares cuyo propósito sea la interconexión de sistemas.
- Eliminar todos los impedimentos técnicos que pudieran existir para la comunicación entre sistemas.
- Abstracter el funcionamiento interno de los sistemas individuales.
- Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre los sistemas.
- Limitar el número de opciones, para incrementar las posibilidades de comunicación sin necesidad de onerosas conversiones y traducciones entre diferentes productos.

- Ofrecer un punto de partida válido desde el cual comenzar en caso de que las normas del estándar no satisfagan todas las necesidades.

#### **4.5.4.2. Protocolos con base en el modelo de referencia OSI.**

En esta sección se define los tipos de protocolos usados en el sistema control distribuido y brevemente se describen ejemplos de los protocolos más populares, de acuerdo con el

modelo de referencia para la Interconexión de sistemas abiertos (OSI). Abiertos se refiere a sistemas de comunicación que tienen el propósito de unirse a otros sistemas no propietarios que usa las normas de las interfaces establecidas.

Las definiciones del modelo OSI son algo abstractas y difíciles de apreciar sin referirse a ejemplos concretos. Los párrafos siguientes proporcionan algunos de estos ejemplos e ilustran la conveniencia de la estructura OSI como un método de organizar.

#### **PROTOCOLOS DE LA CAPA FÍSICA**

El propósito de la capa física consiste principalmente en asegurar la compatibilidad eléctrica y electrónica del sistema de comunicación, para el conductor, la interfaz del receptor y el medio de comunicación, las características técnicas de la capa física podrían incluir:

- El tipo de conector, el número y funciones de los pines del conector;
- El método para codificar un signo digital en el medio de comunicación;
- Las definiciones de funciones del hardware que comandan el acceso al medio de comunicación, como definir las líneas de mando de handshaking o descubrir una línea como ocupada.

De los ejemplos en esta lista, está claro que definiendo las funciones del sistema de comunicación al nivel de la capa física se puede seleccionar el medio de comunicación: par trenzado, cable coaxial o fibra óptica, además la estructura del canal como se ha presentado en la sección anterior. Se han desarrollado varias características técnicas de las interfaces normales al nivel de la capa física, incluyendo las siguientes:

**RS-232C.** Este estándar de interfaz define las características eléctricas de la conexión entre una terminal del datos y una computadora; cubre niveles de voltaje aceptables, número de pines y su asignación en el conector. También define la máxima velocidad de transmisión (19,200 bits/seg) y la distancia (50 Pies) para el tipo de canal. El standard de RS-232C fue definido inicialmente para un enlace de comunicación de un solo un transmisor y un solo receptor.

**RS-499.** En este estándar es similar al RS-232C, pero especifica un método de señalización de voltaje diferencial o equilibrado; sin embargo lo mejora en varios aspectos: proporciona una mayor inmunidad al ruido eléctrico y permite la transmisión de datos más rápido sobre distancias más largas: 250 Kbits/seg sobre 1,000 pies). También permite la conexión de receptores múltiples en el mismo enlace de comunicación.

**RS-485.** En este estándar están incluidas las líneas de handshaking necesarias para apoyar a los transmisores múltiples y receptores en el mismo enlace de comunicación (32 transmisores y/o estaciones receptoras por enlace). Esta estructura permite múltiples dispositivos para intercomunicarse a un costo bajo y a las velocidades y distancias en el mismo orden de magnitud como la norma de RS-499.

Debe señalarse que ninguno de las normas listadas es gran ayuda para definir los formatos o significados de los mensajes transmitidos por el enlace de comunicación en serie; sólo las capas más altas de protocolo realizan esta función.

## PROTOCOLOS DE DATOS, ENLACES Y CAPAS

El protocolo de los datos, enlaces y capas, abarca las funciones de controlar el acceso al medio de comunicación compartido y estructurar el formato de mensajes en la red. Ya que una red de comunicación consiste en un solo medio de comunicación con muchos usuarios potenciales, los datos que se enlazan en el protocolo debe mantener las reglas arbitrando cómo se usa el hardware común. Hay una amplia variedad de métodos para llevar a cabo esta función, algunos de los cuales sólo se usan con ciertas topologías. La tabla 4.1 lista algunos de los protocolos de acceso de red más comunes, junto con sus características importantes.

Protocolos de acceso	Tipo de Red	Ventajas	Desventajas
División de Tiempo/Acceso Multiple (TDMA)	Bus	Estructura Simple	- No es eficiente para el tráfico normal de mensajes. - Requiere bus maestro redundante para sostener el reloj maestro
Polling	Bus o anillo	- Estructura simple - Más eficiente que TDMA. - Acceso de distribución determinado	- Requiere una red maestra redundante. - Bajo acceso a la red
Token passing	Bus o anillo	- Acceso de distribución determinado. - No requiere maestro. - Puede ser usado en la topología de red de bus largo.	Debe tener estrategias de recuperación para una señal suelta.
Dirección del conductor/acceso multiple con detección de colisión ( CSMA/CD )	Bus	- No requiere maestro. - Implementación simple. - Funcionamiento estable de los niveles con gran tráfico de mensajes.	- La eficiencia decrece en redes de larga distancia. - El tiempo de acceso a la red es probabilístico no determinado.
Expansión del anillo	Anillo	- No requiere maestro. - Múltiples soportes en la transmisión de mensajes simultáneos.	- Utilizable sólo en la red de anillo.

Tabla 4.1. Los Protocolos de redes de acceso

Una vez que el mando del medio de comunicación se ha establecido por uno de los mecanismos descritos, pueden enviarse los datos de un nodo a otro en la forma de una sucesión de bits. Este es el nivel de enlace de datos del protocolo que define el formato en que los bits se acomodan para formar un mensaje inteligible. También define los detalles de la transmisión del mensaje y funcionamiento de la recepción (incluso el descubrimiento del error y corrección). El sistema de comunicación comercial más usado en el nivel de instrumento del control distribuido usa uno de varios protocolos que se han vuelto las normas en la industria de comunicación. Algunos de los más populares son:

BISYNC (binary synchronous communication protocol). Carácter-orientado, protocolo desarrollado por IBM.

DDCMP (digital data communications message protocol). Carácter-orientado, protocolo desarrollado por la Corporación de Equipo Digital.

SDLC (synchronous data link control). Bit-orientado, protocolo desarrollado por IBM.

HDLC (high-level data link control). Bit-orientado, norma protocolar definida por el Comité Consultivo para la Telefonía Internacional y Telegrafía (CCITT).

ADCCP (advanced data communications control procedures). Bit-orientado, norma protocolar definida por el Instituto de las Normas Nacional americano (ANSI).

Los primeros dos protocolos son similares en que ellos definen los mensajes de nodo-a-nodo, con base en caracteres o bytes. En contraste, los últimos tres protocolos son bit-orientados, es decir, los mensajes están seccionados en los bits del mensaje. El segundo grupo de protocolos ha sustituido al primero en el sistema de comunicación, debido a su actuación superior y uso eficiente del medio de comunicación.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSOS  
CA 141**

# **INSTRUMENTACION DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACION)**

**TEMA**

**Manual de prácticas de transductores y convertidores  
eléctricos**

**GLORIA MATA HERNADEZ  
RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
J. MANUEL GOMEZ GONZALEZ  
PALACIO DE MINERIA**

## PRESENTACION

Este manual viene a ser la segunda parte del manual de prácticas de Laboratorio de Medición e Instrumentación, la primera es el actual manual en uso. Las Prácticas de Transductores Eléctricos cubren los temas IV y V de la correspondiente asignatura, por lo que se le sugiere al profesor de laboratorio sea utilizado cuando haya transcurrido aproximadamente el 60% del semestre.

El manual se compone de una introducción, 12 prácticas y 3 Apéndices; se incluyen 9 prácticas prácticas correspondientes a transductores y 3 a convertidores eléctricos.

En la Introducción se describen los transductores eléctricos, sus características eléctricas, mecánicas, ambientales y de funcionamiento tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Se presenta además una tabla de los diversos tipos de sensores indicando su principio de operación, la variable de detección y su salida.

Los tipos de transductores que cubre el manual son, potenciométrico, de posición lineal, transductor diferencial variable, de velocidad y aceleración, codificador incremental, caudal y nivel, fuerza, presión y luminosidad.

En relación a estas prácticas de transductores, el enfoque principal que se les da, es el de proporcionar un conocimiento básico de cada uno de los dispositivos, así como la obtención de sus características y parámetros principales en condiciones estáticas, excepto en la prácticas de Transductores de Luminosidad en la que además se presenta someramente un sistema de control de luminosidad (los sistemas de control quedan fuera del alcance de la asignatura y del laboratorio).

Cada una de estas prácticas incluye en forma modular el transductor, el acondicionador de señal y la visualización de la información. Con esto, el alumno no solo adquiere el conocimiento del principio de funcionamiento del elemento sino conoce técnicas de acondicionamiento de señales tales como amplificación, filtrado, transmisión en línea, división de frecuencias, etc. y su presentación en despliegues digitales.

El manual junto con el equipo ayudan a obtener las bases teóricas para la implementación de otros circuitos que el alumno puede desarrollar como proyectos. Algunos de ellos son, frecuencímetro, tacómetro digital, posicionador angular, contadores digitales, etc.

Como se mencionó anteriormente, se incluyen también 3 prácticas correspondientes a convertidores eléctricos, estos son, Analógico/Digital (CAD) y Digital/analógico (CDA); Voltaje/Frecuencia (CVF) y Frecuencia/Voltaje (CFV); y Voltaje/Corriente (CVI) y Corriente/Voltaje (CIV).

En el CAD y CDA se estudian dos tipos de ellos y se dispone de un programa de computadora, con varias opciones para interactuar a través de la computadora con el convertidor. En los otros dos tipos de convertidores, CVF-CFV y CVI-CIV, se analizan sus respuestas y se simula su utilización en líneas de transmisión.

Los 3 Apéndices incluyen información a la que se hace referencia en el desarrollo de las Prácticas.

Aparte de los autores, el personal prestador de servicio social fue de gran ayuda para la culminación de éste manual, como se menciona más adelante.

## Presentación

---

La Ing. Gloria Mata Hernández fue la responsable de la elaboración y culminación del trabajo, participó en el desarrollo directo de la introducción, en 8 prácticas y en la supervisión, revisión y operación de todas las demás, tanto en su funcionalidad como en la redacción y edición de las mismas.

El Ing. Juan Manuel Gómez González, participó en el desarrollo, pruebas y funcionamiento de 3 prácticas y colaboró ampliamente en la edición del trabajo.

El Ing. Ricardo Garibay Jiménez, jefe del Departamento de Ingeniería de Control, participó como asesor general del trabajo.

El C. Cesar Carbajal Peña participó elaborando una de las prácticas y apoyando entusiastamente en la elaboración de dibujos y la edición del formato que llevan todas las prácticas.

Los alumnos de servicio social, Teresita Chavez Aguirre, Mauricio Ayala Hernández, Antonio Silva Paniagua, León Flores González, Adrian Resendiz Maguey y Alejandro Rodriguez Aguayo, participaron activamente y con gran ahínco, en prueba de experimentos, búsqueda de información, formación y realización de dibujos.

El orden en el cual están las prácticas es el recomendado, ya que algunas dependen del conocimiento previo de otras. Sin embargo el profesor puede variarlo según sus necesidades y recursos disponibles.

Finalmente agradeceríamos ampliamente a todos los usuarios del manual que nos dieran su opinión y sugerencias para el mejoramiento de éste material en futuras ediciones.

## INDICE

PRESENTACION

INTRODUCCION A LOS TRANSDUCTORES ELECTRICOS	1
PRACTICA 1: TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO	11
PRACTICA 2: TRANSDUCTORES DE PROXIMIDAD	23
PRACTICA 3: TRANSFORMADOR DIFERENCIAL DE VARIACION LINEAL	35
PRACTICA 4: TRANSDUCTOR DE ACCELERACION Y VELOCIDAD	47
PRACTICA 5: CODIFICADOR INCREMENTAL	63
PRACTICA 6: TRANSDUCTORES DE CAUDAL Y NIVEL	77
PRACTICA 7: TRANSDUCTOR DE FUERZA	97
PRACTICA 8: TRANSDUCTORES DE PRESION	113
PRACTICA 9: TRANSDUCTORES DE LUMINOSIDAD	129
PRACTICA 10: CONVERTIDOR ANALOGICO/DIGITAL Y DIGITAL/ANALOGICO	143
PRACTICA 11: CONVERSION DE VOLTAJE A FRECUENCIA Y FRECUENCIA A VOLTAJE	163
PRACTICA 12: CONVERTIDORES DE VOLTAJE A CORRIENTE Y CORRIENTE A VOLTAJE	179
APENDICE A	A1
APENDICE B	B1
APENDICE C	C1

## INTRODUCCION A LOS TRANSDUCTORES ELECTRICOS

Los sistemas de instrumentación se clasifican, en términos generales, en sistemas de medición y sistemas de control. En el primer caso, la magnitud de la variable se mide y el valor se registra o se visualiza en el medio adecuado. Dentro de esta clasificación se encuentran los sistemas analizadores cuya función es visualizar la naturaleza y proporción de una variable. En los sistemas de control, la magnitud medida se utiliza para controlar la variable de manera que el valor medido se iguale con el valor deseado.

Tanto los sistemas de medida como los analizadores pueden estar incluidos en sistemas de control.

En la Figura 1 se muestra un sistema electrónico básico de medida, el cual está formado por los siguientes bloques:

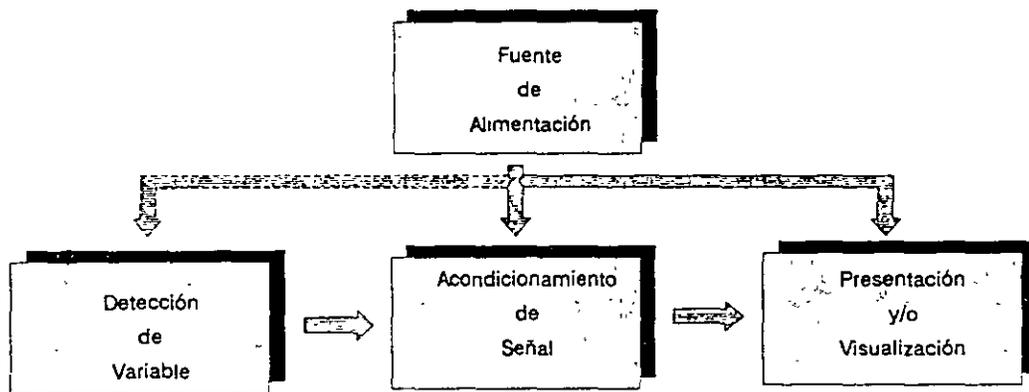


Figura 1

- Detección de variable
- Acondicionamiento de señal
- Presentación y/o visualización
- Fuente de alimentación

En el bloque de detección se sensa la variable a medir. El medio físico para llevarla a cabo es el llamado transductor, el cual es un dispositivo que al ser afectado por la energía de un sistema de transmisión proporciona energía del mismo o de otro tipo a un segundo sistema de transmisión. Esta transmisión de energía puede ser eléctrica, mecánica, química, óptica (radiante), térmica, etc.

El bloque de acondicionamiento tiene la función de adecuar la señal del transductor mediante un circuito el cual, dependiendo de la aplicación específica, puede amplificar, acoplar las impedancias, aislar, filtrar, etc. dicha señal, con el fin de obtenerla adecuadamente para el medio de presentación.

Una vez que se logra una señal con el nivel y las características adecuadas, puede ser enviada a diversos dispositivos de presentación que pueden ser desde un voltmetro, graficador, osciloscopio para su observación y registro de datos hasta una computadora digital para el registro, procesamiento y análisis de la información, o bien a un sistema de control si forma parte de algún sistema de control de variable.

La fuente de alimentación proporciona la energía eléctrica adecuada a todos los componentes del sistema que así lo requieran.

La variable a medir generalmente es física tal como temperatura, presión, fuerza, intensidad luminosa, desplazamiento, etc. El medio de detección, como se mencionó, es un transductor que convierte dicha variable física en una variable generalmente eléctrica que puede ser más fácilmente manipulada.

Existe una inmensa variedad de transductores y con diversas características para poder seleccionarlos y aplicarlos en el área de instrumentación industrial. Los transductores se pueden clasificar de acuerdo a su principio de operación, aplicación, método de conversión de energía, tipo de señal de entrada o de salida, etc. Aquí, la clasificación se hace de acuerdo al principio de operación eléctrica, presentando una gran variedad de los más comunes y las aplicaciones típicas a que están destinados.

Por otro lado, si el transductor produce una señal eléctrica (voltaje o corriente) sin necesidad de excitación eléctrica, se les llaman transductores activos o de autogeneración; y si únicamente generan una señal de salida sólo cuando se utilizan con una fuente de excitación se les llama transductores pasivos.

<b>PARAMETRO ELECTRICO Y CLASE DE TRANSDUCTOR</b>	<b>PRINCIPIO DE OPERACION Y NATURALEZA DEL DISPOSITIVO</b>	<b>APLICACION TIPICA</b>
Resistencia	Transductores pasivos (con potencia externa)	
Dispositivo potenciométrico	El posicionamiento de un cursor por medio de una fuerza externa varia la resistencia de un potenciómetro o un circuito puente.	Presión, desplazamiento
Galga extensométrica resistiva	La resistencia de un alambre o semiconductor cambia según la elongación o compresión debida a los esfuerzos aplicados externamente.	Fuerza, Par, Desplazamiento.
Medidor de alambre caliente o medidor Pirani	La resistencia de un elemento caliente varía enfriándolo con flujo de gas.	Flujo de gas, presión de gas
Termómetro de resistencia	La resistencia de un alambre de metal puro con un coeficiente de temperatura de resistencia positivo grande varía con la temperatura.	Temperatura, calor radiante

Termistor	La resistencia de ciertos óxidos de metal con coeficiente de temperatura de resistencia negativo cambia con la temperatura.	Temperatura
Higrómetro de resistencia	La resistencia de una cinta conductiva se altera con el contenido de humedad.	Humedad relativa
Celda fotoconductiva	La resistencia de una celda como elemento de circuito se modifica con la luz incidente.	Relevador fotosensible, luz
<b>Capacitancia,</b>		
Medidor de presión de capacitancia variable	Una fuerza aplicada externamente varía la distancia entre dos placas paralelas	Desplazamiento, presión
Micrófono de capacitor	La presión del sonido altera la capacitancia entre una placa fija y un diafragma móvil.	Voz, música y ruido
Medidor dieléctrico	La capacitancia varía por cambios en el dieléctrico.	Nivel de líquidos, espesor
<b>Inductancia</b>		
De circuito magnético	Los cambios del circuito magnético modifican la autoinductancia o inductancia mutua de una bobina excitada por ca.	Presión, desplazamiento
Detector de reluctancia	La reluctancia de un circuito magnético varía al cambiar la posición del núcleo de hierro de una bobina.	Presión, desplazamiento, vibración, posición
Transformador Diferencial Lineal Variable (LVTD)	El voltaje diferencial de dos devanados secundarios de un transformador varía al mover el núcleo magnético por medio de una fuerza aplicada desde el exterior.	Presión, fuerza, desplazamiento, posición
Medidor de corriente parásita	La inductancia de una bobina se altera por la proximidad de una placa con corrientes parásitas inducidas.	Desplazamiento, espesor.
Medidor de magnetrostricción	Las propiedades magnéticas cambian por presión y esfuerzos.	Fuerza, presión, sonido

### Voltaje y corriente

Detector por efecto Hall	Se genera una diferencia de potencial a través de una placa semiconductor (de germanio) cuando un flujo magnético interactúa con una corriente aplicada.	Flujo magnético, corriente
Cámara de ionización	Se induce un flujo de electrones mediante la ionización de un gas debido a radiación radiactiva.	Conteo de partículas, radiación
Celda fotoemisiva	Hay una emisión de electrones debida a la radiación incidente en una superficie fotoemisiva.	Luz y radiación
Tubo fotomultiplicador	La emisión de electrones secundarios es debida a la radiación incidente sobre un cátodo fotosensible.	Luz y radiación, relevadores fotosensibles
Termopar y termopila	Se genera una fem por la unión de dos metales disímiles o semiconductores cuando la unión se calienta.	Temperatura, flujo de calor, radiación
Generador de bobina móvil	El movimiento de una bobina en un campo magnético genera un voltaje.	Velocidad, vibración
Detector piezoeléctrico	Se genera una fem cuando una fuerza externa se aplica a ciertos materiales cristalinos como el cuarzo.	Sonido, vibración, aceleración, cambios de presión.
Celda fotovoltaica	Se genera voltaje en un dispositivo de unión semiconductor cuando la energía radiante estimula la celda.	Medidor de luz, celda solar

### CARACTERISTICAS DE LOS TRANSDUCTORES

Tanto en el diseño y fabricación de un transductor como en los ya comercializados, debe tomarse en cuenta las especificaciones para obtener la mejor capacidad de medición. Dichas especificaciones son las que caracterizan al transductor y permiten definir el tipo y rango de la medición, exactitud, precisión, condiciones ambientales, montaje etc., para la aplicación específica.

#### Características de la magnitud a medir

Corresponden básicamente a los parámetros relacionados con la magnitud práctica a medir sin que se afecte la operación del transductor.

---

**Amplitud de medición** - En la diferencia algebraica entre los dos límites del rango.

**Rango** - Son los límites superior e inferior de los valores de la magnitud a medir. El rango puede ser unidireccional (0 a 2.5 cm), bidireccional: simétrico ( $\pm 45^\circ$ ), asimétrico (-2 a 10 gr) o desplazado con cero suprimido (70 a 120 psig).

**Sobrerango** - Es la magnitud máxima de la medida con que se puede aplicar el transductor sin que sobrepase la tolerancia especificada.

**Tiempo de recuperación** - Después de operar en sobrerango, es el tiempo que transcurre para que el transductor recupere su operación normal dentro de las tolerancias especificadas.

### **Características eléctricas de diseño**

Corresponden a parámetros externos al transductores, considerándolo como una caja negra sin analizar su operación interna y utilizándolo únicamente como un dispositivo que realiza una interfase eléctrica con otros equipos.

**Excitación de entrada** - Es un voltaje o corriente externos que requiere el transductor para su correcto funcionamiento. Excepto para los transductores activos.

**Impedancia de salida** - Corresponde a la impedancia presentada en las terminales de salida del transductor.

**Impedancia de entrada** - Es la impedancia del transductor presentada a la fuente de excitación.

**Impedancia de carga** - Es la impedancia que ve la salida del transductor debida al acondicionador y cables de conexión conectados a él.

**Salida** - Es la magnitud eléctrica producida por el transductor y es función de la magnitud aplicada de entrada. La salida puede manifestarse como una variación de resistencia, inductancia o capacitancia, para el caso de transductores pasivos; o bien, un voltaje o corriente continuo (salida analógica), o bien digital en donde las magnitudes se representan en forma discreta, para el caso de los transductores activos.

**Tierras** - Las línea de retorno de la excitación y de salida pueden estar con tierras independientes, como en el caso de un puente de galgas extensométricas; o pueden ser comunes, como cuando se utiliza un transductor potenciométrico

### **Características Mecánicas**

Corresponden a las especificaciones del fabricante en relación a las dimensiones, montaje, tamaño, localización de conexiones eléctricas e información pertinente que comúnmente viene en los datos de placa tal como rango, excitación, salida número de serie, número de componentes, fabricante.

### **Características de actuación**

Básicamente se refieren a las características operativas del transductor. Estas se pueden clasificar en cuatro categorías:

- Características estáticas

- Características dinámicas
- Características del medio ambiente
- Características de confiabilidad

### Características estáticas

Estas características describen la operación del transductor en condiciones ambientales óptimas (por ejemplo a una temperatura de  $25 \pm 10$  C, una humedad relativa del 90 % o menor y una presión barométrica entre 880 y 1080 mbar) con cambios muy lentos de la magnitud a medir y en ausencia de golpes, vibraciones o aceleraciones (a menos que ésta sea la variable a medir). Se establecen a partir de una relación ideal o teórica entre la salida y la magnitud a medir.

**Banda de error** - Son los límites dentro de los cuales se encuentran las desviaciones máximas de salida respecto a la curva de referencia del transductor, debidas a causas atribuibles al transductor, en el rango de operación pero bajo alguna condición específica de operación.

**Banda de error estático** - Es la banda de error aplicable en condiciones ambientales y en ausencia de golpes, vibraciones o aceleraciones (a menos que sea la magnitud a medir).

**Calibración estática** - Es un análisis de las características determinadas estáticamente . Esta calibración es una prueba durante la cual se aplica una magnitud de valor conocido al transductor y se registra la lectura de la salida correspondiente.

**Características de Confiabilidad** - Son características que dependen del tiempo y pueden determinarse mediante una serie de calibraciones estáticas repetidas.

**Ciclo de calibración** - Es cuando se realiza la prueba sobre el rango completo del transductor , una vez con magnitudes crecientes y una con magnitudes decrecientes. Una calibración completa comprende usualmente dos o más ciclos de calibración.

**Conformancia o conformidad** - Es un término que se utiliza en determinadas ocasiones, aplicado en la comparación de una curva de calibración con una curva especificada para un transductor inherentemente no lineal.

**Curva de calibración** - En este caso el registro resultante se realiza en forma de gráfica a partir de la calibración estática ya sea manualmente o mediante una computadora.

**Curva del transductor** - Es la relación ideal o teórica entre la salida y la magnitud de entrada aplicada sobre el rango del transductor, la cual puede establecerse mediante una curva a partir de una tabla de valores, una gráfica, una ecuación o modelo matemático. Para el caso de una relación lineal, la curva es una línea recta.

**Desplazamiento de cero** - Es un cambio en la salida correspondiente a la magnitud de entrada cero dentro de un período de tiempo especificado a temperaturas ambientales. La salida para magnitud cero se caracteriza por ser un desplazamiento paralelo a la curva de calibración.

**Desplazamiento de sensibilidad** - Es un cambio en la pendiente de calibración debido a un cambio en la sensibilidad y se especifica con el valor máximo observado en un período de tiempo.

**Error de fricción** - Sin confundirlo con la histéresis, ya que se asemeja mucho, es el máximo cambio a la salida para un determinado valor de la magnitud a medir dentro del rango. Si embargo este es debido a la fricción entre los elementos del transductor como por ejemplo en los transductores potenciométricos debido a la fricción entre el brazo de la escobilla y el elemento potenciométrico.

Este efecto puede ser minimizado mediante la relajación del transductor aplicando fuerzas de aceleración oscilatoria o intermitente al mismo. Cuando un transductor se calibra con una técnica de relajación se permite establecer la histéresis real, si no se especifica la relajación, el error de fricción se incluye dentro de la histéresis.

**Error del transductor** - Es la diferencia algebraica entre el valor indicado o medido y el ideal o teórico.

**Estabilidad temporal de la salida** - Es el cambio ocurrido en la salida en un período de tiempo especificado cuando la magnitud que se mide se mantiene constante (y a un valor distinto de cero) y todas las condiciones ambientales son constantes.

**Exactitud** - Es la relación entre el error del transductor y el valor verdadero de la variable medida, expresándose generalmente en  $\pm\%$ .

**Histéresis** - Es la máxima diferencia en la salida que se presenta cuando el valor de la magnitud a medir pasa por cero; ya sea que este valor es alcanzado mediante el aumento y disminución de la magnitud. La histéresis está ocasionada normalmente por una retención magnética en la acción del elemento sensor. Se expresa en  $\%$  del valor a plena escala.

**Linealidad** - Expresa el comportamiento diferencial de la curva de calibración respecto a una línea recta especificada. Se expresa como  $\pm\%$  del valor a plena escala, determinando la máxima desviación de la variable medida desde cualquier punto de la curva de calibración. Cuando se realiza más de un ciclo de calibración se especifica la peor linealidad observada. Los diferentes tipos de linealidad son los siguientes:

**Linealidad con pendiente teórica** - Está relacionada con la pendiente teórica que es la línea recta entre los puntos terminales teóricos. Normalmente está referida del 0 al 100  $\%$  del rango de operación.

**Linealidad de puntos extremos** - Está referenciada a la línea recta de puntos extremos, que son las salidas de los límites superior e inferior del rango obtenidos durante una calibración.

**Linealidad independiente** - Está referenciada con la mejor línea recta que es la línea inmediata entre las dos líneas paralelas en cuyo interior se mantienen todos los valores de salida de una curva de calibración.

**Linealidad de mínimos cuadráticos** - Está referenciada a la línea de mínimos cuadrados que es la línea recta para la cual la suma de los cuadrados de las desviaciones de las lecturas de la salida respecto a los valores correspondientes a la línea recta calculada es mínima.

**Precisión o Repetibilidad** - Es la habilidad de un transductor en reproducir lecturas de salida cuando se aplica el mismo valor de la magnitud de manera consecutiva, bajo las mismas condiciones y en la misma dirección. Se expresa como la máxima diferencia entre las lecturas de salida, determinadas mediante dos ciclos de calibración. Si el muestreo se realiza aumentando el número de ciclos de calibración se obtiene una mejor medida estadística de la precisión.

**Registro de calibración** - Es el registro resultante cuando se realiza en forma de tabla a partir de la calibración estática.

**Resolución** - Es una característica del comportamiento del transductor con respuesta en incrementos pequeños. Es la magnitud de los cambios en escalón de la salida cuando la magnitud a medir varía continuamente dentro del rango. Esto se presenta por ejemplo en los transductores potenciométricos con elementos embobinados, como resultado del deslizamiento del contacto de una espira a otra provocando escalones en la magnitud de salida.

**Resolución media** - Se define como el recíproco del número total de escalones en la salida a lo largo del rango y expresado en % de plena escala.

**Resolución máxima** - Es la magnitud o el mayor de todos los escalones observados en la salida.

**Resolución continua** - Corresponde al caso cuando los escalones no son medibles en la salida de un transductor.

**Sensibilidad** - Es la relación en el cambio a la salida con el cambio en el valor de la magnitud a medir. Establece la pendiente de la curva de calibración.

**Umbral** - Es el cambio más pequeño en la magnitud a medir para conseguir un cambio medible en la salida. Normalmente se define en términos de la magnitud a medir y puede tener valores diferentes en porciones diferentes del rango.

### Características Dinámicas

Se deben establecer estas características cuando se utiliza un transductor en medidas donde la magnitud varía de manera rápida o en donde pueden existir cambios de la misma con entrada escalón. Estas pueden estar definidas y determinadas en términos de la respuesta en frecuencia o tiempos de respuesta o amortiguamiento a la frecuencia natural, dependiendo del tipo de transductor y de la aplicación.

**Amortiguamiento** - Es la disipación de potencia que junto con la frecuencia natural, determina el límite superior de la respuesta frecuencial, así como la respuesta transitoria de un transductor.

En respuesta a un escalón de la magnitud a medir, un sistema subamortiguado oscila alrededor del valor permanente final antes de permanecer en este valor.

El sistema sobreamortiguado alcanza el valor permanente final sin superarlo.

Un sistema críticamente amortiguado se encuentra en el punto de cambio entre las condiciones de sub y sobre amortiguamiento.

**Frecuencia natural** - Se obtiene cuando un elemento sensor de un transductor se coloca en oscilación libre. La frecuencia de esta oscilación es la frecuencia natural. Se define también como la frecuencia de una magnitud aplicada senoidalmente a la que la salida adelanta a la magnitud con 90 *SUPO*.

**Relación de amortiguamiento  $\zeta$**  - Es la relación de amortiguamiento  $\zeta$  con el grado de amortiguamiento requerido para un amortiguamiento crítico

Si  $\zeta = 1$  se tiene Amortiguamiento crítico.

Si  $\zeta > 1$  se tiene Sobreamortiguamiento.

Si  $\zeta < 1$  se tiene Subamortiguamiento.

**Respuesta en frecuencia** - Es el cambio observado en la frecuencia de la relación de la amplitud de salida y la magnitud aplicada al transductor dentro de un rango definido de frecuencias y variaciones senoidales. También se puede definir como el cambio con la frecuencia de la diferencia de fase entre la magnitud de entrada y la salida. Un ejemplo de cómo se especifica es:  $\pm 27\%$  ( $\delta \pm 3$  db) de 0 a 300 Hz.

**Respuesta transitoria** - Es el término general para la respuesta de un transductor a un cambio en escalón de la magnitud.

**Tiempo de respuesta, Tiempo de subida y Constante de tiempo** - Son parámetros que caracterizan la respuesta de un transductor (no subamortiguado) a un cambio en escalón de la magnitud a medir.

El tiempo de respuesta es el tiempo requerido para que la salida alcance un porcentaje especificado de su valor final a entrada escalón.

El tiempo de subida corresponde al lapso requerido por la salida para ascender desde el 10 al 90 % de su valor final.

Para la constante de tiempo este porcentaje es de 63.2 %

#### **Características del medio ambiental.**

Las características de la actuación estática y dinámica se especifican y verifican cuando el transductor opera en condiciones ambientales adecuadas y en ausencia de condiciones externas que puedan afectar su operación, es decir, el transductor debe calibrarse bajo condiciones de operación en el medio ambiente adecuado, y si está fuera de las condiciones es necesario conocer los efectos ambientales; y las derivaciones resultantes de las actuaciones estáticas (errores ambientales), deben estar limitadas por tolerancias determinadas mediante pruebas, por ejemplo de temperatura, presión, etc.

**Efectos térmicos** - Corresponden a cualquier tipo de alteración que afecte la operación del transductor en relación con la temperatura de operación.

**Error de temperatura** - Es el cambio máximo en la salida cuando la temperatura (dentro del rango de operación del transductor) cambia de la temperatura ambiental a una temperatura extrema especificada. Este error puede especificarse mediante el concepto de banda de error.

**Error de aceleración** - Es la diferencia máxima, con respecto a un valor de la magnitud dentro del rango del transductor, entre las lecturas de salida tomadas con y sin la aplicación de una aceleración a lo largo del eje más sensible. Son debidos a los efectos de las aceleraciones en estado casi permanente sobre los elementos internos de un transductor, ocasionando un error en la salida tales como desplazamientos de masas, deformaciones y distorsiones. Los errores de aceleración generalmente afectan más cuando la aceleración se aplican a lo largo del eje más sensible.

**Error de vibración** - Es el máximo cambio en la salida, dentro del rango del transductor, ocasionado por determinados niveles de vibración tanto de amplitud como de frecuencia. Estos se presentan particularmente cuando el transductor incluye sensores mecánicos.

**Error de montaje** - Es el resultado de la deformación mecánica del transductor debidos a efectos de montaje que pueden surgir durante la instalación del transductor. Estos errores no se incluyen en las especificaciones, sin embargo, es necesario verificar su ausencia.

**Rango de temperatura operativo** - Es el rango de temperaturas ambientales, máximo y mínimo, dentro del cual el transductor opera en estado normal o especificado.

**Rango de temperatura compensada** - Corresponde al rango de temperatura operativo, sin embargo, éste se especifica cuando los transductores incluyen elementos destinados a compensar los efectos de la temperatura.

**Rango de temperatura del fluido** - Se especifica en el caso cuando la temperatura de un fluido a medir ocasiona efectos térmicos significativos en el transductor, por lo que en lugar de definir el rango operativo, se dan las especificaciones relacionadas con la temperatura.

#### **Características de confiabilidad.**

Son las que corresponden a la esperanza de vida útil del transductor así como con los sucesos que pueden presentarse por su utilización inadecuada en un sistema en el que operan conjuntamente.

**Vida operativa o de ciclo** - Es el tiempo mínimo especificado en el que el transductor operará, ya sea continuamente o sobre un número de ciclos de funcionamiento, en el rango completo, sin que cambien las características de funcionamiento dentro de las tolerancias especificadas.

**Efectos adversos** - Estos se contemplan cuando ya se ha instalado el transductor, y pueden presentarse en fallas como cortos circuitos, presiones en el encapsulado del sensor, etc.

## TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO

El empleo de dispositivos automáticos de medición y de control son cada vez más utilizados en el campo industrial, esto ha tenido como consecuencia un considerable impulso en la tecnología de los transductores o sensores de los cuales uno de los más difundidos es el transductor de desplazamiento.

De acuerdo al principio físico con el que funcionan los transductores, se clasifican en tres grupos: los que se basan en fenómenos puramente eléctricos; en fenómenos eléctricos con intervención de un campo magnético y los basados en las máscaras codificadoras.

Los transductores del primer grupo pueden ser principalmente de tres tipos: transductores capacitivos, resistivos o potenciométricos y piezorresistivos.

### TRANSDUCTORES CAPACITIVOS

Los transductores capacitivos se basan en la propiedad que tienen los capacitores de placas paralelas para almacenar cierta diferencia de potencial que es proporcional a la superficie de las placas e inversamente proporcional a la distancia que las separa, considerando esto, el sensor tiene una capacidad de variación de modo lineal con la magnitud incógnita, ya sea de longitud o de ángulo, según se muestra en la figura 1.

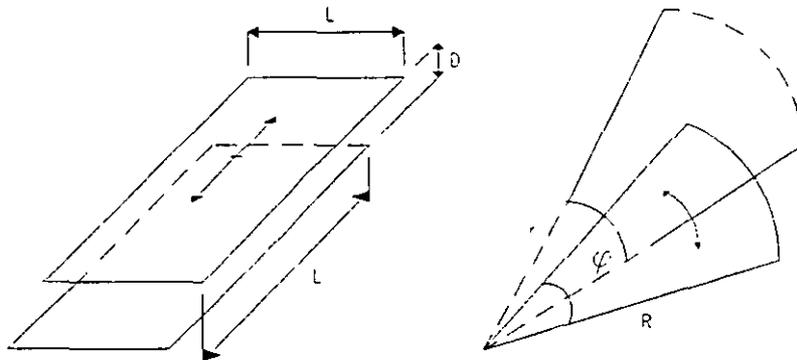


FIGURA 1

Algunos transductores que funcionan bajo este principio físico, se presentan en aparatos de medición de vibraciones, o bien en los dispositivos de determinación del nivel alcanzado por los líquidos dieléctricos en los tanques metálicos. En la figura 2 se muestra el principio teórico de estos sensores. El transductor capacitivo tiene una excelente respuesta de frecuencia y puede medir fenómenos estáticos o dinámicos.

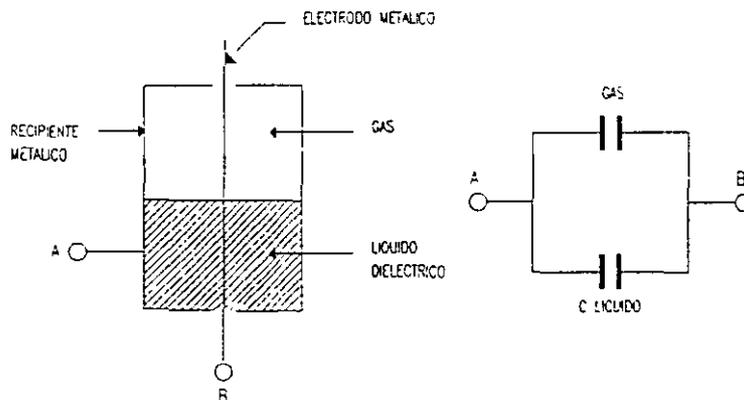


FIGURA 2

## TRANSDUCTORES POTENCIOMETRICOS

Los transductores resistivos o potenciométricos, tienen su principio en la propiedad resistiva de los materiales conductores, la cual es proporcional a la superficie de éste.

Los transductores potenciométricos cuentan con una escobilla o contacto deslizante que se mueve sobre un elemento resistivo, que está unido directamente al eje sensor. Existen dos tipos de transductores potenciométricos, de desplazamiento lineal y angular, éstos se muestran en la figura 3.

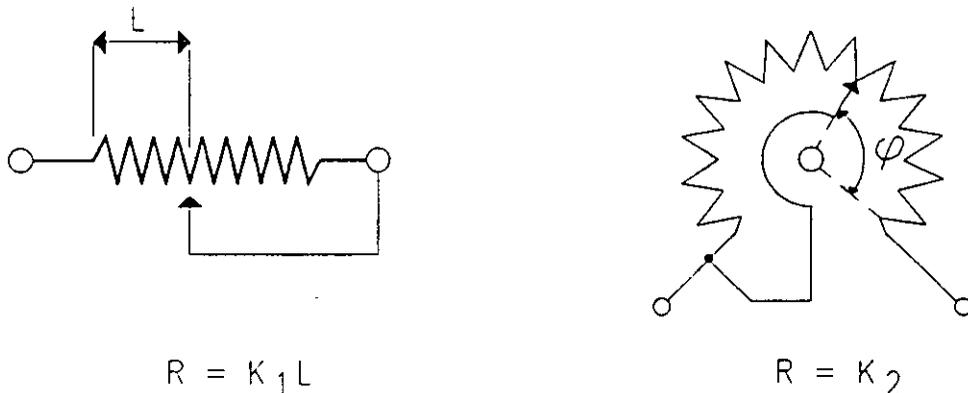


FIGURA 3

Básicamente están constituidos por un resistor, el cual es proporcional a la distancia existente entre dos puntos. Existen potenciómetros constituidos por diferentes tipos de materiales, en el caso de los lineales por lo general el elemento es embobinado, por lo que su resolución esta dada por el número de vueltas por unidad de longitud, es por ello que para tener una mayor sensibilidad es necesario utilizar resistencias elevadas y un hilo de calibre delgado, sin embargo esto puede traer como consecuencia errores al variar la carga del transductor, ya que la impedancia de salida es muy grande. Los elementos potenciométricos de resolución continua están constituidos por conductor plástico, película de carbón, película metálica o mezclas de metal-cerámica o "cermet". La precisión es del orden de 0.1 % en los potenciométricos de alambre metálico y del 0.5 % en los de "cermet", en cuanto a los elaborados con materiales plásticos se puede considerar que tiene un error mínimo.

## TRANSDUCTORES PIEZORRESISTIVOS

Los transductores piezorresistivos son sensores que se basan en la propiedad de vincular un alargamiento porcentual con una variación de resistencia, esto se realiza por medio de galgas extensométricas<sup>1</sup>, el transductor consiste en un marco estacionario y una armadura, la armadura se puede mover en una sola dirección, la distancia está limitada por cuatro filamentos de alambre sensible a los esfuerzos. Cuando se le aplica una fuerza externa al "extensómetro" la armadura se mueve una cierta distancia, el cambio de resistencia de los cuatro filamentos es proporcional a la distancia recorrida. La figura 4 muestra una configuración del extensómetro. Existen "extensómetros" de materiales semiconductores los cuales tienen una alta sensibilidad, sin embargo son dependientes de la temperatura. Los sensores de deformación se encuentran muy a menudo en los transductores de fuerza y presión<sup>1</sup>.

1 Para más detalles ver la práctica de Fuerza

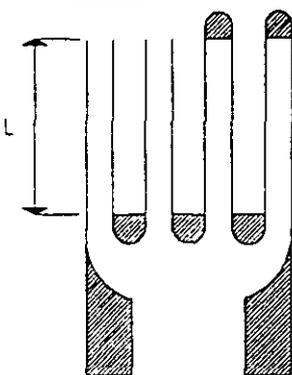


FIGURA 4

**TRANSDUCTORES BASADOS EN FENOMENOS ELECTRICOS CON INTERVENCION DEL CAMPO MAGNETICO**

En los transductores basados en fenómenos eléctricos con intervención de un campo magnético, se incluyen todos los transductores que convierten un desplazamiento en variaciones de voltaje de ca, mediante un voltaje inducido por un campo magnético. Dentro de los sensores que miden desplazamientos angulares se encuentra el sensor sincro y el sensor de resolución. El primero es un dispositivo eléctrico similar a un transformador en el que la función del primario la realiza el rotor monofásico y la función del secundario es desarrollada por un estator de tres embobinados conectados en estrella y defasados entre sí  $120^\circ$ , como se ilustra en la figura 5.

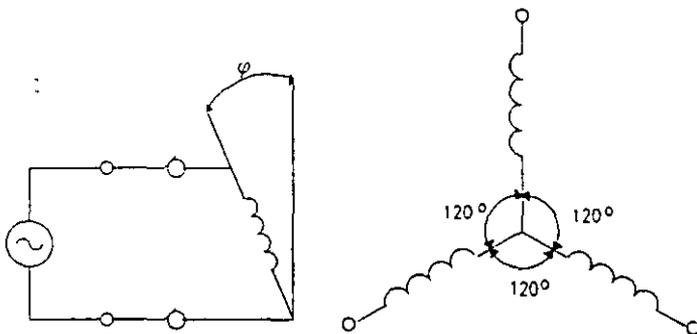


FIGURA 5

Al aplicarle al rotor una señal senoidal de frecuencia  $\omega$  de amplitud constante, se puede medir un voltaje inducido entre el centro de la estrella y cada uno de los embobinados del estator, estando defasados  $120^\circ$  entre ellos, como se muestra en la figura 6. Las amplitudes del voltaje en el estator dependerán de la posición angular del rotor.

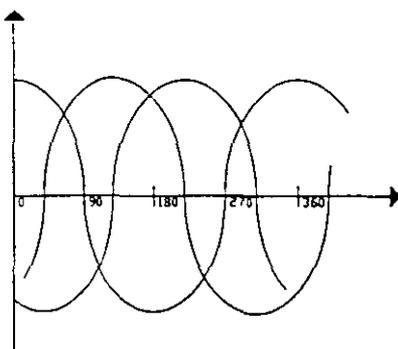


FIGURA 6

El segundo sensor de este tipo, es el dispositivo de resolución que cuenta con un rotor monofásico que cumple la función del primario, mientras que el estator de dos embobinados separados  $90^\circ$ , realizan la función del secundario. El diagrama esquemático se ilustra en la figura 7.

Si se le aplica al rotor una señal senoidal de frecuencia  $\omega$  y amplitud constante, se obtienen dos voltajes inducidos, en los extremos del estator defasados  $90^\circ$  entre si, como se muestra en la figura 8. En forma similar al síncrono, la amplitud del voltaje de salida, dependerá de la posición angular de la entrada.

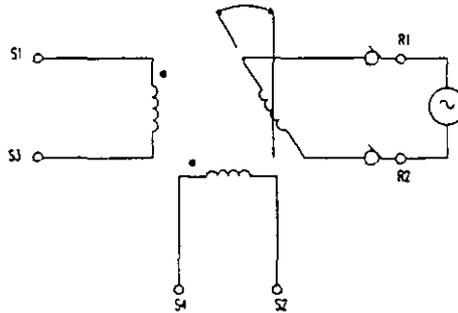


FIGURA 7

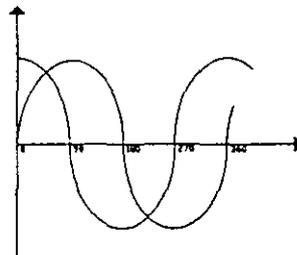


FIGURA 8

El último tipo de sensor que aprovecha este fenómeno físico, es el transformador diferencial de variaciones lineales o LVDT<sup>2</sup>, el cual está constituido por un soporte de material ferromagnético, un embobinado primario y dos secundarios colocados paralelamente como se indica en la figura 9. Cuando se aplica una excitación de corriente alterna en el primario al mismo tiempo que el núcleo ferromagnético se mueve dentro del conjunto de los devanados, el acoplamiento del primario con cada uno de los secundarios varía dando como resultado que la magnitud y fase de la tensión de los secundarios cambie desde cero, lo cual solo es posible cuando el núcleo se encuentra centrado en los dos secundarios.

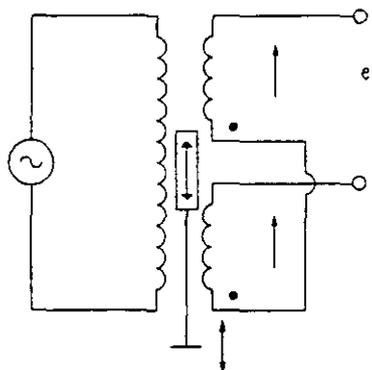


FIGURA 9

2 Para más detalles ver la práctica del LVDT

## TRANSDUCTORES BASADOS EN MASCARAS CODIFICADORAS.

Los transductores basados en máscaras codificadoras<sup>3</sup>, son convertidores mecánicos que traducen la posición angular dada por un eje a una señal digital, el transductor está formado por un disco, que contiene patrones de codificación que se encuentran localizados concéntricamente a él, en el que existen segmentos alternados de material conductor (negro) y no conductor (blanco), y de un eje de un motor de autobalance. Utiliza código binario. La resolución de dichos dispositivos es inversamente proporcional al número de áreas de material conductor y directamente proporcional al desplazamiento angular.

### Parámetros característicos del transductor de posición resistivo

Los parámetros fundamentales que caracterizan el campo de operación de un transductor de posición son los siguientes:

- Tipo de desplazamiento (lineal o angular)
- Tipo de material utilizado
- La resistencia de los potenciómetros
- La carrera mecánica, que es la distancia lineal o angular que puede recorrer el cursor.
- La carrera eléctrica, que es la distancia o el ángulo dentro del cual las características del transductor no cambian.
- El par de arranque, que es la fuerza necesaria para que el cursor comience a desplazarse.
- La temperatura de funcionamiento.

Además la calidad de las mediciones realizadas con el transductor esta relacionada con los siguientes parámetros:

- La linealidad, que es la desviación de la medición del transductor con respecto a un comportamiento ideal y puede ser calculada a partir de la gráfica de respuesta de voltaje contra desplazamiento, trazando dos líneas paralelas y equidistantes a la recta óptima, de tal forma que, se comprendan todos los puntos de la gráfica.

$$\text{Linealidad} = \frac{V_1 - V_2}{F.S.O} (\pm \frac{1}{2})$$

Donde F.S.O es el voltaje a plena escala.

- La sensibilidad, que es la variación que existe entre el valor de la señal de salida con respecto al valor de la señal de entrada.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{V_2 - V_1}{D_2 - D_1}$$

3 Para más detalles ver la práctica del Codificador Incremental

## DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo consta del módulo G22 en el que se encuentran el transductor y su acondicionador de señal. El transductor utilizado es del tipo potenciométrico lineal con resistencia de película plástica conductiva.

La disposición del módulo G22 se muestra en la Figura 10.

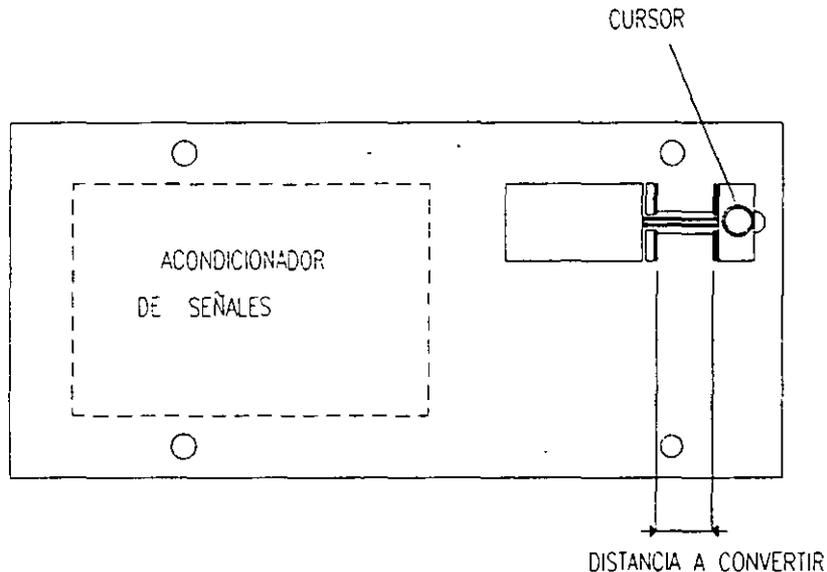


FIGURA 10

Para realizar la lectura del desplazamiento se utiliza un vernier, el cursor del transductor debe estar bien sujeto a fin de obtener una lectura correcta, durante la fijación del cursor se debe tener precaución de que las dos laminillas de referencia de medición permanezcan paralelas.

Las características del transductor empleado son las siguientes:

- El valor del potenciómetro es de 10K.
- La linealidad es aproximadamente el 1% de valor de fondo de escala.
- La máxima potencia que el transductor puede disipar, es de 0.55 W.
- Los valores relativos a los recorridos mecánicos y eléctricos se encuentran, ambos recorridos son de 30 mm con una tolerancia de  $\pm 0.5$
- La fuerza mínima para que el cursor se desplace es de 30 gramos.
- Las dimensiones del transductor son 15 x 24 x 58 mm.

Para obtener las distancias correctas debe usarse un vernier con una precisión de 3 a 6 veces mayor que el error posible causado por el transductor; la distancia máxima que puede recorrer el transductor es de 30 mm, si el error posible en este transductor es del 1 % del valor del fondo de escala, el máximo error posible es de 0.3 mm, por lo que el vernier utilizado debe tener una exactitud mínima de 0.1 a 0.05 mm.

## ACONDICIONADOR DE SEÑAL

En los diferentes transductores es necesario que el sistema de interface sea el más adecuado, ya que tiene la función de un circuito excitador, que produce una señal de salida a niveles de voltaje y corriente adecuados para operar varias cargas o para operar otros dispositivos.

El acondicionador de señal para un transductor potenciométrico, es un dispositivo cuya función es básicamente la de alimentar al transductor con un voltaje estable, y aislar a la salida del transductor del sistema de lectura, cuando éste último tiene una impedancia de entrada igual a la del transductor. El circuito de interface se muestra en la figura 11.

El voltaje con el cual se polariza el acondicionador es de +12 V, -12 V. El transistor T1 y los diodos D1, D2 funcionan como una fuente de corriente de 10 mA, que alimenta al diodo zener Z estableciéndose un voltaje de 6.2 V, llamado "voltaje referencial inicial Vz", dicho valor se puede medir en el borne 1 del módulo G22. En el borne 2 del módulo, el voltaje depende de la malla constituida por el diodo zener Z, las resistencias R3 y R4 y el diodo D3. El amplificador operacional IC1 es del tipo no inversor, y amplifica el voltaje en este punto, por lo que en el borne de +Vref se tiene un voltaje de 8 V, que es calibrado mediante el potenciómetro Rv1 que regula la amplificación del voltaje de IC1. El diodo D3 compensa las variaciones del voltaje de referencia inicial, al variar la temperatura; de hecho cuando la temperatura aumenta, el voltaje en el zener aumenta con un coeficiente de 3.5mV/C, al mismo tiempo que el voltaje en las terminales del diodo D3 varían con un coeficiente de -1.5mV/C y las resistencias R3 y R4 compensan la desviación del voltaje zener Vz al variar la temperatura.

La inversión de voltaje +Vref es realizada por un amplificador operacional inversor IC2, obteniéndose así un voltaje de -8 V en el borne de -Vref, este amplificador está controlado por el potenciómetro Rv2.

## OBJETIVOS

- Conocer el funcionamiento básico del Transductor Potenciómetro de Desplazamiento.
- Aprender el procedimiento de calibración para el acondicionador de señal.
- Obtener la recta óptima o ideal del transductor.
- Determinar los principales parámetros característicos del transductor.

## EQUIPO Y MATERIAL.

- . Módulo G22.
- Cables para el módulo G22.
- 1 Fuente de alimentación PS1.
- 1 Multímetro digital.
- 1 calibrador vernier.

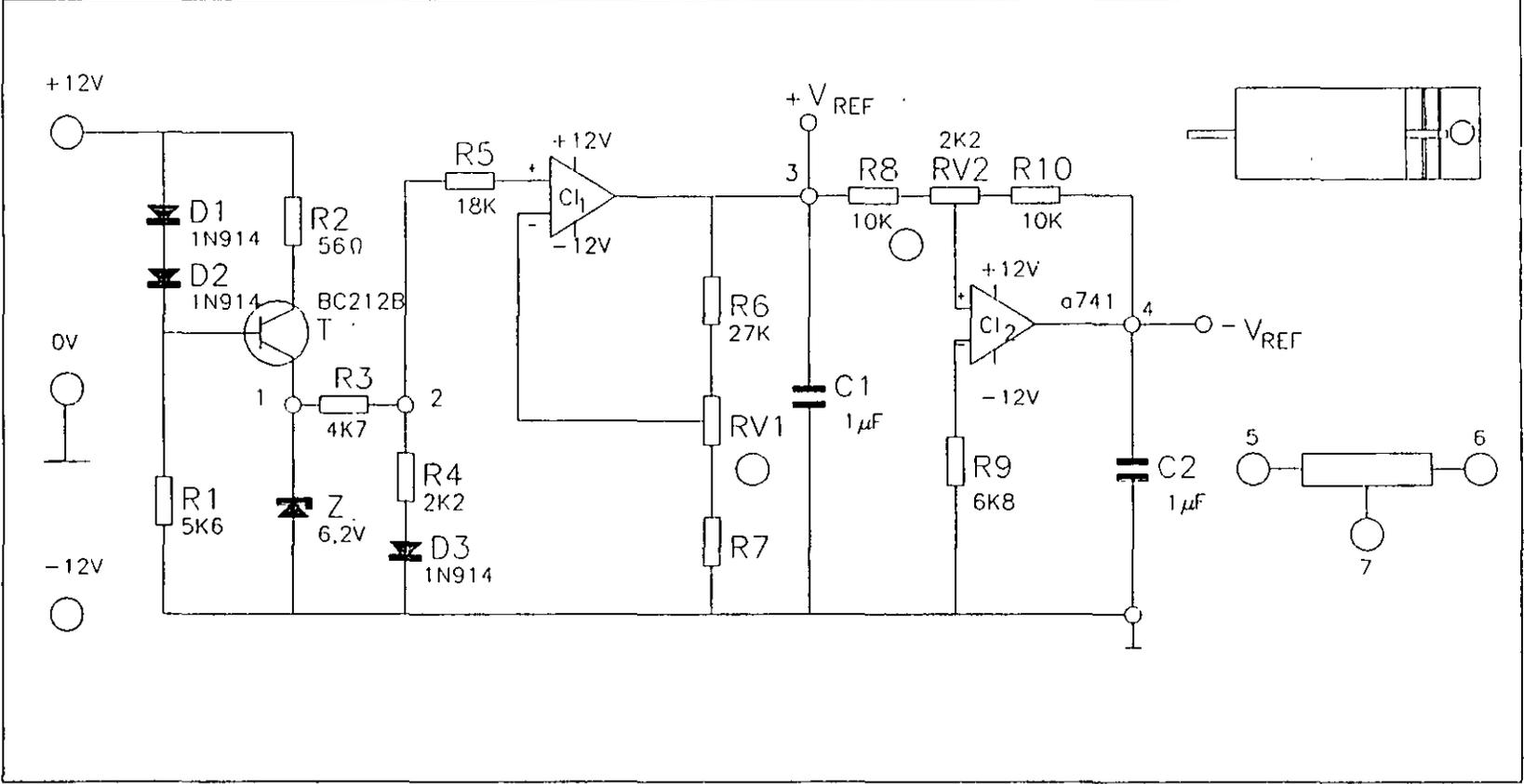


FIGURA 11

- 
- 1 juego de cables de potencia.
  - 1 banco de focos.
  - 1 desarmador de calibración
  - 1 Termómetro.

## DESARROLLO.

### EXPERIMENTO 1: CALIBRACION DEL ACONDICIONADOR DEL TRANSDUCTOR.

- Conectar los bornes del módulo  $\pm 12V$  y  $0 V$  a la fuente de alimentación.
- Conectar el voltmetro entre el borne  $+V_{ref}$  y tierra.
- Encender la fuente de alimentación.
- Medir el voltaje  $+V_{ref}$  y ajustar con  $R_{v1}$  hasta obtener  $+8V$ .
- Conectar el voltmetro entre el borne  $-V_{ref}$  y tierra.
- Verificar que el voltaje  $-V_{ref}$  sea de  $-8V$ , de lo contrario ajustar con  $R_{v2}$  hasta obtener dicho valor.

### EXPERIMENTO 2: DETERMINACION DE LA CURVA DESPLAZAMIENTO - VOLTAJE DEL TRANSDUCTOR.

- Conectar el borne del  $+V_{ref}$  al borne 5.
  - Conectar el borne 6 a tierra.
  - Conectar el voltmetro entre el borne 7 y tierra.
  - Desplazar el cursor del potenciómetro a partir de la posición cero, con intervalos de  $3mm$  para observar los diferentes valores de voltaje de salida del transductor, registrar los datos en la Tabla 1.
  - Conectar el borne  $-V_{ref}$  al borne 6.
  - Conectar el borne 5 a tierra.
  - Conectar el voltmetro entre el borne 7 y tierra.
  - Medir la temperatura.
-

- Medir los voltajes en el borne 1 y en el borne 2.
- Desplazar el cursor con intervalos de 3mm, registre los diferentes valores en la Tabla 2.
- Realizar también mediciones para  $-V_{ref}$  y  $+V_{ref}$  y regístrelas en una tabla semejante a las utilizadas.

D(mm)	V(volts)

TABLA 1

D(mm)	V(volts)

TABLA 2

**EXPERIMENTO 3: DETERMINACION DE LA VARIACION DE VOLTAJE CON RESPECTO A LA TEMPERATURA.**

- Calentar 15 minutos el módulo G22 con ayuda del banco de focos y medir la temperatura.
  - Medir los voltajes en el borne 1 y en el borne 2.
  - Realizar las mediciones con  $+V_{ref}$  y  $-V_{ref}$  y registrar los valores en tablas semejantes a las anteriores.
-

### ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS.

1. ¿Cuál es el objeto de calificar el acondicionador?
2. ¿Cuáles fueron los voltajes de calibración de acondicionador de señal?
3. De acuerdo a la potencia máxima que el transductor puede disipar, ¿Cuál es el voltaje máximo que se le puede aplicar?
4. Trazar las gráficas de voltaje contra desplazamiento de todos los experimentos realizados.
5. Obtener un modelo matemático para cada grupo de valores.
6. Compare las variaciones de temperatura con las especificadas por el fabricante.
7. A partir de los datos obtenidos con relación a las variaciones de voltaje por temperatura obtenga la linealidad del transductor.
8. ¿Qué sucede cuando interviene la temperatura en el transductor?
9. Presenta una lista de los parámetros reales del transductor.
10. Proponga un sistema de instrumentación, mediante diagrama de bloques, que incluya un transductor potenciométrico.

## TRANSDUCTORES DE PROXIMIDAD

La mayoría de los indicadores de posición utilizan para su funcionamiento algún tipo de contacto mecánico entre el actuador (el objeto cuya distancia es detectada) y el detector. Existe un grupo particular de indicadores de posición que no requieren contacto físico alguno, llamándose a este último tipo de dispositivos "detectores (o transductores) de proximidad".

Los transductores de proximidad pueden ser del tipo lineal (conversión de posición) o de tipo On-off (en los que la conmutación indica una posición particular).

Por su principio de funcionamiento se dividen en tres grupos fundamentales: los detectores de proximidad inductivos, capacitivos y magnéticos son los tipos más importantes de esta clase de dispositivos. Esta clasificación se muestra en la Figura 1.

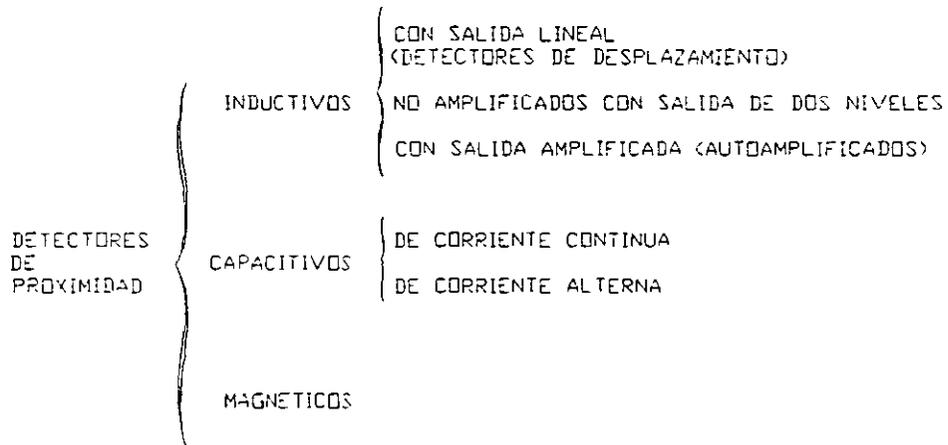


Figura 1.

### DETECTORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS CON SALIDA LINEAL.

Los detectores de proximidad de principio inductivo funcionan con base al fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (o corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías, según se muestra en la Figura 2.

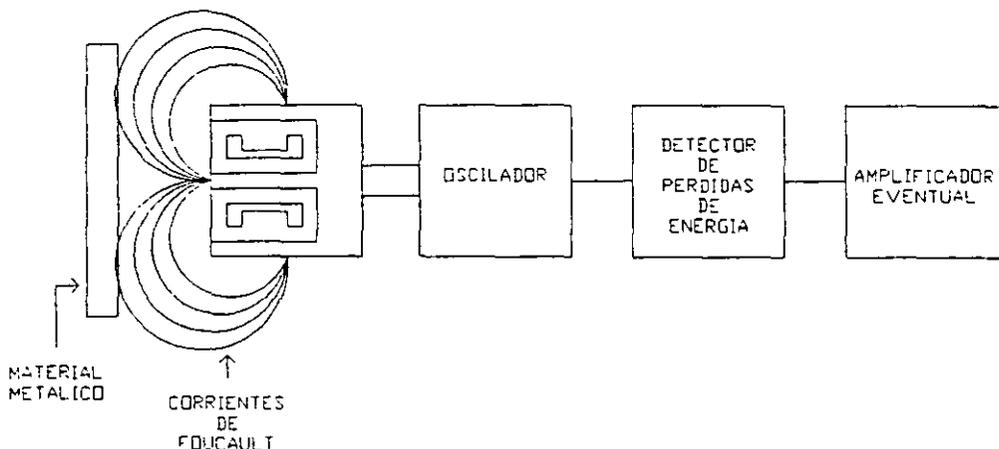


Figura 2.

Un circuito oscilante se aplica a un circuito inductivo el cual genera un campo electromagnético de alta frecuencia que induce corrientes parásitas en un actuador metálico ubicado en una distancia próxima.

Estas corrientes provocan una pérdidas de energía en el oscilador, amortiguando la amplitud de la señal; esta reducción de amplitud de la señal es detectada y transmitida hacia la salida (la distancia a la que será sensible el detector dependerá del tipo de metal del actuador).

Los detectores de proximidad inductivos con salida lineal tienen la característica de que su salida es proporcional (lineal) a la distancia existente en el actuador y al detector propiamente dicho, lo que da gran ventaja cuando se necesita situar un objeto en una posición exacta. No obstante, esta relación es lineal solamente en un rango de valores, es decir, entre una distancia mínima ( $d_m$ ) y una distancia máxima ( $d_M$ ) definidas por el fabricante.

### DETECTORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS CON SALIDA DE DOS NIVELES

Estos detectores suministran dos diferentes valores de corriente de salida en función de la posición del actuador metálico.

El símbolo del detector está representado por unos signos senoidales que indican la función del oscilador generador de campo magnético y un escalón mostrado en la Figura 3 que indica que la salida es de dos niveles .

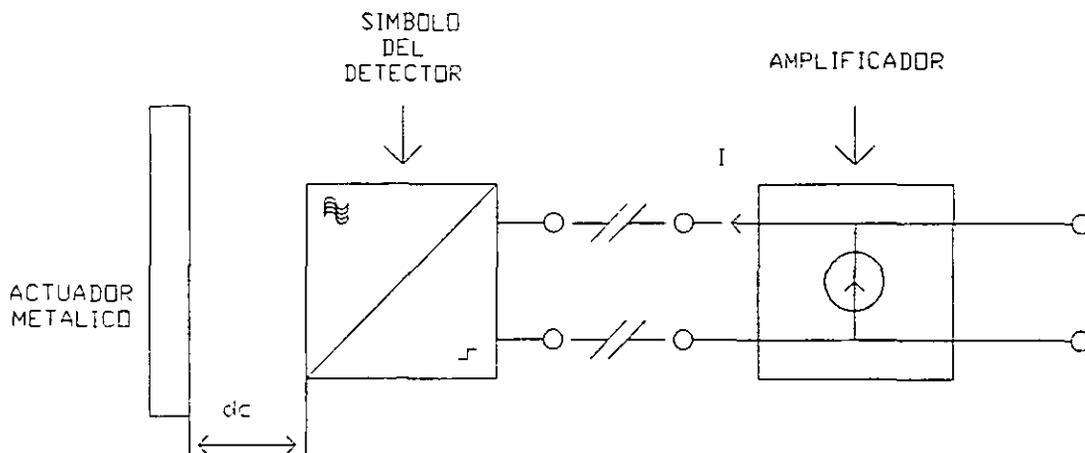


Figura 3

El amplificador (acondicionador de señal) consiste, en esencia, de un generador de voltaje con una resistencia en serie. Al variar la corriente varía también la caída de voltaje en la resistencia, por lo que en la salida se tiene una señal "on-off" (de voltaje) que indica si la distancia del actuador es mayor o menor que la distancia de conmutación.

### DETECTORES DE PROXIMIDAD CAPACITIVOS CON SALIDA C.C.

Estos detectores funcionan con base en las variaciones de la capacitancia parásita que se origina entre el detector y el objeto cuya distancia se desea medir. Cuando la cara sensible del detector se halla a una determinada distancia de dicho objeto, empieza a oscilar un circuito. Esta oscilación es captada por un detector de umbral, el cual envía un impulso de mando hasta un amplificador que acciona una carga externa como se muestra en la Figura 4.

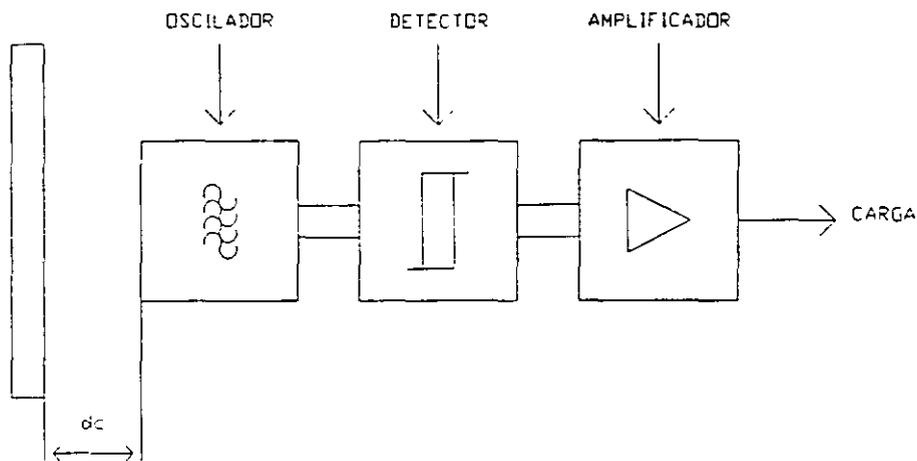


Figura 4

Debido al principio antes descrito se puede ver que los detectores de proximidad capacitivos pueden ser utilizados para medir distancia entre objetos de distintos materiales (no sólo metálicos).

El tipo de amplificador final que se utilice determina si el detector será de corriente continua (como en el caso del equipo utilizado en la presente práctica) o de corriente alterna.

#### DATOS CARACTERISTICOS DE LOS DETECTORES DE PROXIMIDAD

Los principales datos característicos de los detectores de proximidad son:

- La cota de intervención. Es la distancia entre el actuador y el detector, en el instante en el que se produce el cambio rápido de estado lógico (off-on), es decir, cuando se pasa por un estado en el que el actuador no es detectado, a uno en el que si lo es;
- La cota de desconexión. Es la distancia entre el actuador y el detector, en el instante en el que se produce el cambio rápido de estado lógico (on-off), es decir, cuando se pasa de un estado en el que el actuador es detectado a uno en el que no lo es;
- La carrera diferencial. Es la diferencia entre la cota de intervención y la cota de desconexión;
- La repetibilidad. Es la diferencia entre dos valores de la cota de intervención medidos durante un periodo de 8 horas, con una temperatura comprendida entre 15 y 30 °C y un voltaje de alimentación cuyo valor puede variar, respecto a al nominal, en un 15%;
- La caída de voltaje. Es la que se mide en el detector con la salida activada;
- El valor de la corriente permanente. Es la máxima corriente que puede suministrar el detector en funcionamiento continuo.

#### APLICACIONES

Los detectores de proximidad inductivos son empleados casi exclusivamente en aquellas instalaciones en las cuales es necesario un elevado nivel de seguridad (ambientes con peligro de explosiones, incendios, etc.).

La aplicación enfocada a aquellas operaciones que tienen el peligro de explosiones utiliza, por trabajar con niveles eléctricos muy bajos, los detectores de proximidad inductivos con salida a dos niveles.

Los detectores de proximidad inductivos con salida lineal se utilizan para situar objetos en una posición exacta, para medir espesores, flexiones, vibraciones o, en general, cuando sea necesario convertir la medida de una distancia en un valor de voltaje.

Los detectores de proximidad capacitivos pueden ser utilizados para medir la distancia a objetos metálicos y no metálicos, tales como la madera, líquidos y materiales plásticos. Algunas aplicaciones típicas se tienen, por ejemplo, en los dispositivos para contar piezas, en los controles de nivel de recipientes, etc.

## OBJETIVO

- Que el alumno observe y aprenda el funcionamiento de distintos tipos de detectores de proximidad.
- Con este fin se determinarán las características más importantes de los detectores de proximidad con que cuenta el laboratorio, que consisten en detectores de proximidad inductivos y en detectores de proximidad capacitivos. Los resultados obtenidos deberán compararse con los ofrecidos con el fabricante.

## MATERIAL

- Un módulo G-29
- Una unidad TY29/EV (con cables para conexión con el módulo G-29)
- Una barrita de plexiglás para ser enroscada al actuador de la unidad TY-29
- Un voltmetro digital
- Un Vernier
- Cables de conexión

## EXPERIMENTO 1. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL DETECTOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO CON SALIDA LINEAL.

- Primero se procederá a la calibración del acondicionador de señal, de tal modo que, a una distancia de 3mm corresponda un voltaje de salida de 3V y a una distancia de 5mm uno de 5V.
- A continuación se trazará la curva que muestra la relación existente entre el campo de distancias "actuador/detector" y el voltaje de salida del detector (borne 1). Con los datos obtenidos se construirá la recta óptima del detector, o sea, la recta ideal que establece una relación óptima entre el desplazamiento del actuador y el voltaje de salida del detector.

- Una vez que se obtenga la gráfica anterior se procederá a trazar la curva que muestra la relación existente entre el campo de distancias "actuador/detector" y la tensión presente en la salida proporcional del acondicionador (borne 3).
- Las resistencias y los bornes que se mencionan en los experimentos se encuentra señalados en el módulo G-29 de la Figura 6.

#### a) CALIBRACION

- Conecte los bornes de  $\pm 12V$ ,  $0V$  y  $+5V$  del módulo G-29 a una fuente de alimentación regulada.
- Conecte el módulo G-29 a la unidad TY29/EV.
- Utilizando el Vernier coloque el actuador a 3mm del detector (los tres detectores se encuentran en paralelo con el actuador); el detector que se utiliza en este experimento es el de salida lineal, pero resulta indistinto tomar la distancia de cualquiera de los tres como se indica en la Figura 5.

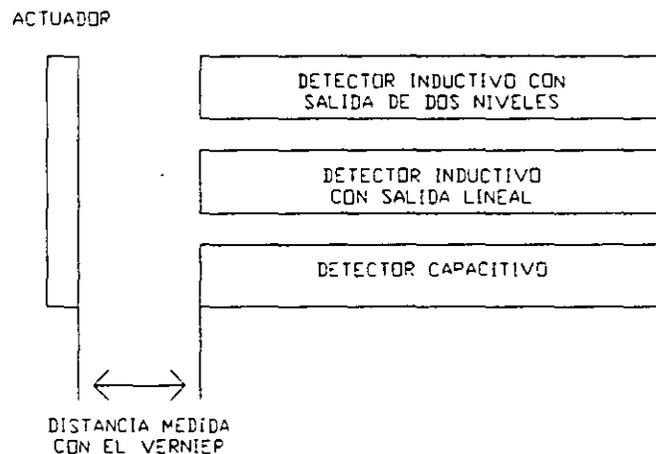


Figura 5

- Regule RV1 hasta que el voltaje del borne 2, medido con el voltmetro digital, sea de  $0V$ .
- Verifique que en la salida standard el voltaje sea también de  $0V$ .
- Regule RV3 hasta obtener  $3V$  en la salida proporcional.
- Con ayuda del vernier, coloque de manera exacta el actuador a  $5mm$  del detector.
- Ajustando RV2 verifique que el voltaje de la salida standard sea de  $+8V$  y la de salida proporcional de  $+5V$ .

#### b) DETERMINACION DE LA CURVA CARACTERISTICA DEL DETECTOR "DISTANCIA/VOLTAJE"

- Con ayuda del vernier coloque el actuador a  $3mm$  del detector.
- Conecte el voltmetro digital entre el borne 1 y tierra.

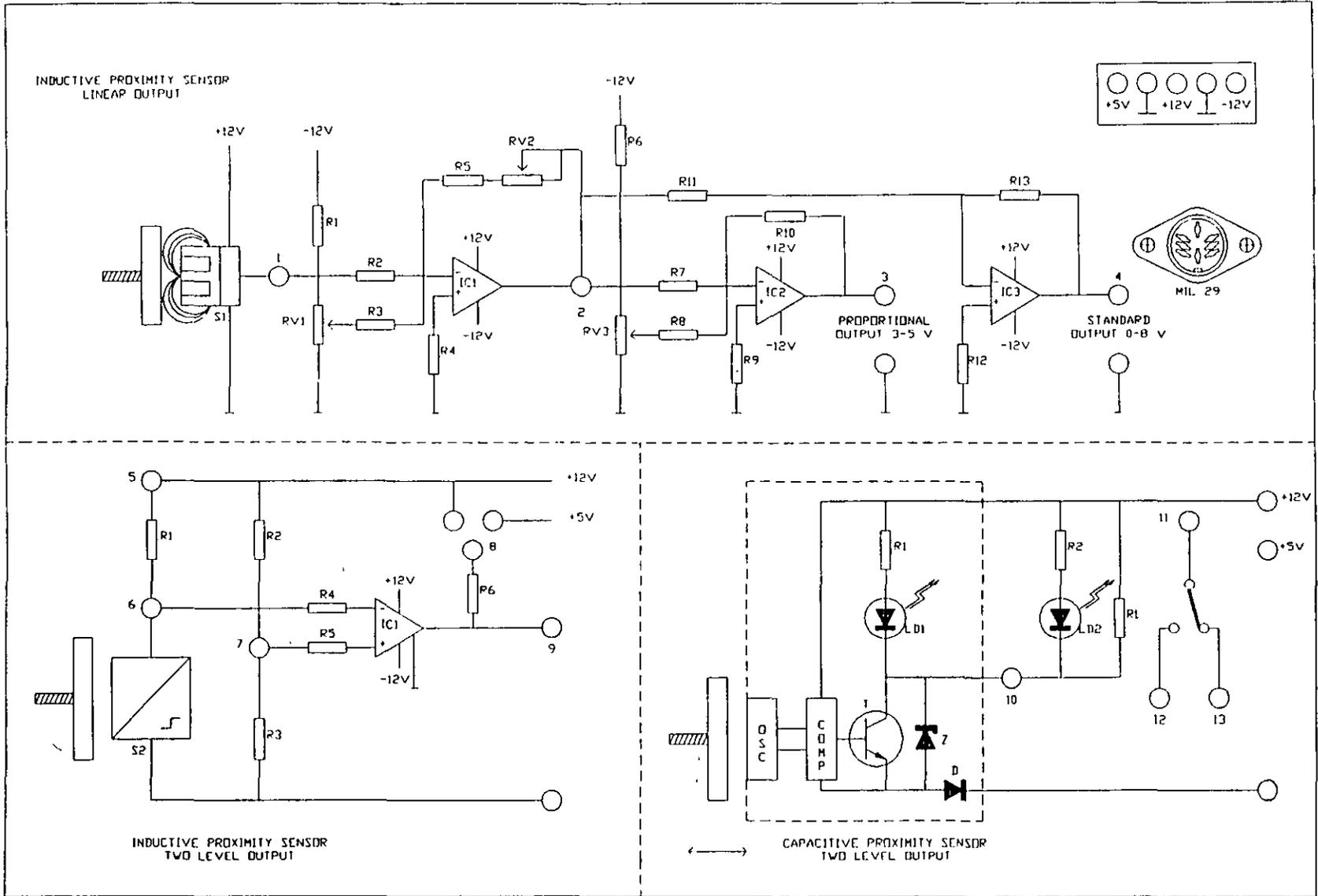


Figura 6

- Varíe la distancia del actuador por medio de la perilla indicada en la Figura 7 en pasos de 0.5mm; para cada valor de distancia medido, obtenga el correspondiente voltaje de salida con el voltmetro digital; continúe de esta manera hasta llegar a 5mm de distancia.

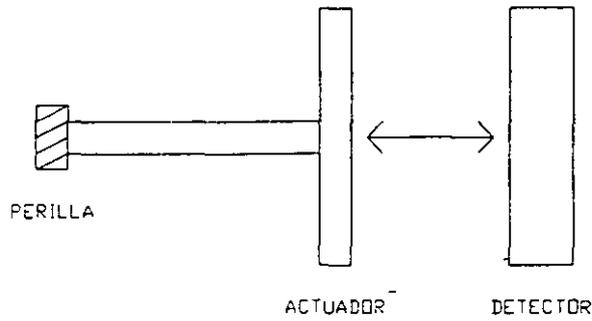


Figura 7.

- Anote los datos obtenidos en la Tabla 1.

L (mm)	V <sub>out</sub> (V)
3.0	
3.5	
4.0	
4.5	
5.0	

Tabla 1

- Repita el experimento anterior considerando ahora una distancia inicial de 0mm y una distancia final de 8mm (los incrementos serán de 0.5mm). Anote los datos obtenidos en la Tabla 2.

L (mm)	V <sub>out</sub> (mV)
0.0	
2.0	
4.0	
6.0	
8.0	

Tabla 2

**c) DETERMINACION DE LA CURVA CARACTERISTICA DEL DETECTOR MAS EL ACONDICIONADOR "DISTANCIA/VOLTAJE"**

- Cambie la escala de mV a V.
- Repita los pasos del experimento (b), utilizando ahora como salida el borne 3 y sólo para distancias entre 3mm y 5mm.

- Anote los datos obtenidos en la Tabla 3.

L (mm)	V <sub>out</sub> (V)
3.0	
3.5	
4.0	
4.5	
5.0	

Tabla 3

**EXPERIMENTO 2. CARACTERÍSTICAS DEL DETECTOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO CON SALIDA DE DOS NIVELES.**

- Primero se verificará si los valores de la corriente que fluye en el actuador corresponden a los valores nominales.
- Posteriormente se calculará la distancia (en mm) entre el actuador y el detector, de manera que la salida del borne 9 pase de un nivel alto (led apagado) a un nivel bajo (led encendido). Una vez realizado lo anterior, se comprobará si existe histéresis entre la cota de intervención (cuando el led se enciende) y la cota de desconexión (cuando el led se apaga).
- Por último se encontrará el error de repetibilidad. En este experimento se calculará la cota de intervención (en mm) con 5 pruebas y se verá cuanto se aleja de su valor nominal.

**a) DETERMINACION DE LA CORRIENTE EN PRESENCIA O AUSENCIA DEL ACTUADOR.**

- Conecte el voltmetro digital entre los bornes 5 y 6 y mida el valor del voltaje en los extremos de R1 en presencia y ausencia del actuador.
- Sabiendo que R1 vale 2.2 k, calcule el valor de las dos corrientes.

**b) CALCULO DE LA COTA DE INTERVENCION.**

- Sitúe el actuador a una distancia de 10mm del detector (led apagado).
- Acerque lentamente el actuador hasta que se encienda el led.
- Mida con el vernier la distancia entre el actuador y el detector.
- No mueva el actuador de la posición en que se encuentra.

**c) CALCULO DE LA HISTERESIS.**

- A partir de la posición en que se dejó el actuador en el experimento anterior, retírelo del detector hasta que el led se apague.
- Mida la distancia exacta con el vernier y obtenga la histéresis (diferencia entre la cota de desconexión y la cota de intervención).

**d) CALCULO DEL ERROR DE REPETIBILIDAD.**

- Repita 5 veces el experimento (e).
- Anote los datos en la Tabla 4.

n	INDUCTIVO		CAPACITIVO	
	L (mm)	$\Delta L$	L (mm)	$\Delta L$

Tabla 4

- El máximo valor absoluto de L define el error de repetibilidad.

**EXPERIMENTO 3. CARACTERISTICAS DEL DETECTOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO.**

- Repita los experimentos (e), (f) y (g), contestando las mismas preguntas para el detector de proximidad capacitivo.

**EXPERIMENTO 4. CARACTERISTICAS DE LOS DETECTORES DE PROXIMIDAD PARA UN ACTUADOR NO METÁLICO.**

- Enrosque la barra de plexiglás en el actuador y repita todos los experimentos anteriores.

**ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

1. Investigue en que consiste el método de pares de puntos para la aproximación a una recta de un conjunto de datos.
2. ¿ En qué difiere un transductor de proximidad de un indicador de posición normal?
3. ¿ Cuáles son los dos tipos principales de detectores de proximidad?
4. ¿Cuál es la diferencia entre un detector de proximidad lineal y un detector de proximidad con salida dos niveles?
5. ¿ Qué ventaja presenta un detector de proximidad capacitivo contra un detector de proximidad inductivo con salida dos niveles?
6. Grafique la distancia contra el voltaje de los datos obtenidos en las tablas 1 y 2. ¿Qué representa la primer gráfica?
7. ¿ En las gráficas 1 y 2 se nota siempre una relación lineal? ¿Por qué?

- 8.- Con los datos de la Tabla 1, dibuje los puntos correspondientes, sin unirlos, a la distancia contra voltaje. Utilizando el método de pares de puntos calcule la recta ideal (de la forma  $V = mL + b_0$ ) y grafíquela.
- 9.- Haga la gráfica distancia contra voltaje con los datos de la Tabla 3. ¿Qué representa esta gráfica?
- 10.- Respecto al valor de corriente obtenido en el experimento 2(a) en presencia del actuador ¿Es su valor cómo lo indica el fabricante? Considere el 10% como límite de aceptabilidad.
- 11.- Para el mismo experimento, en ausencia del actuador ¿Es el valor de la corriente cómo lo indica el fabricante? Considere el mismo porcentaje que en el punto anterior como límite de aceptabilidad.
12. Para el experimento 2(b) ¿Corresponde el valor obtenido de la cota de intervención con el que ofrece el fabricante? ¿Cuánto varía?
13. Para el experimento 2(c) ¿Difiere el valor obtenido de histéresis con el proporcionado por el fabricante?
14. En el experimento 2(d) ¿Difiere el valor obtenido del error de repetibilidad con el que ofrece el fabricante?
15. Conteste las preguntas 12, 13 y 14 para los experimentos realizados con el detector de proximidad capacitivo.
16. Para los experimentos realizados con la barra de plexiglas ¿Por qué funciona sólo el detector de proximidad capacitivo?

**NOTAS**

Los siguientes son algunos datos que proporciona el fabricante sobre el detector de proximidad inductivo con salida de dos niveles y sobre el detector de proximidad capacitivo.

**Detector de proximidad inductivo con salida de dos niveles:**

<b>CORRIENTE CON ACTUADOR</b>	$\leq 1.1 \text{ mA}$
<b>CORRIENTE SIN ACTUADOR</b>	$\geq 2.2 \text{ mA}$
<b>COTA DE INTERVENCION</b>	<b>5 mm</b>
<b>CARRERA DIFERENCIAL (HISTERESIS)</b>	$\leq 0.5 \text{ mm}$
<b>ERROR DE REPETIBILIDAD</b>	$\leq 0.02 \text{ mm}$

**Detector de proximidad capacitivo:**

<b>COTA DE INTERVENCION</b>	<b>9 mm *</b>
<b>CARRERA DIFERENCIAL (HISTERESIS)</b>	<b>&lt; 1.35 mm</b>
<b>ERROR DE REPETIBILIDAD</b>	<b>&lt; 0.9 mm</b>

En este caso la cota de intervención puede variar algunos milímetros por medio de un tornillo situado en la parte posterior del detector. Si se diera el caso de que sus resultados difieran demasiado del valor nominal que se especifica en este anexo, utilice como valor nominal la media de los valores obtenidos, como histéresis el 15% de este valor y como error de repetibilidad el 10%.

## TRANSFORMADOR DIFERENCIAL DE VARIACION LINEAL

### TRANSDUCTORES DE POSICION

Para determinar una posición lineal o angular se requiere medir la longitud de un segmento, o bien un ángulo comprendido entre dos segmentos. Dichas longitudes se pueden medir eléctricamente por medio de una amplia gama de transductores.

Un transductor es un dispositivo que normalmente absorbe energía de un sistema para regresarla después en otra forma a otro sistema. Los transductores de posición, dependiendo del principio físico en el que se basen, se pueden dividir en tres grupos principales:

a) Los que se basan en los principios eléctricos, sin la intervención del campo magnético.

Estos transductores convierten la posición en una magnitud eléctrica. Dentro de este tipo de transductores se pueden mencionar los transductores capacitivos de placas planas y paralelas cuya capacitancia es función de sus dimensiones.

Este tipo de transductores se utiliza en la medición de vibraciones, similares a los micrófonos de condensador, o bien los dispositivos para la determinación del nivel alcanzado por los líquidos dieléctricos en los tanques metálicos.

Otros transductores que se basan en los principios eléctricos son los transductores "resistivos" o "potenciométricos", los cuales permiten expresar la resistencia eléctrica de un conductor en función de sus dimensiones.

En el caso de transductores de mayor precisión y mayor tamaño, se utilizan los sensores potenciométricos rectilíneos y circulares.

Otro fenómeno eléctrico utilizado en los transductores de posición es el de la piezorrestividad, que es la propiedad que poseen ciertos materiales para poder cambiar su propia resistencia cuando se deforman.

Los sensores que se basan en este principio se denominan extensómetros y se usan frecuentemente para convertir la deformación de una superficie (en una dirección prefijada) en una variación de la resistencia del elemento.

b) Los que se basan en las máscaras codificadas.

Estos transductores cumplen la función de generar una señal de salida digital en correspondencia con un desplazamiento angular o lineal de tipo analógico.

El transductor está compuesto normalmente de un disco móvil o de una barra, en los que están impresos o perforados una sucesión de números conforme a un código adecuado. La rotación del disco o el desplazamiento de la barra son proporcionales al desplazamiento angular o lineal.

Una característica de todos los transductores de este tipo es el paso de la cuantificación, con el cual está realizada la conversión digital de la entrada.

c) Los que se basan en los principios eléctricos, con la intervención del campo magnético.

Los transductores que se basan en los principios electromagnéticos para la determinación de un ángulo, funcionan como medidores de flujo concatenado y tienen un circuito cerrado, el cual está constituido por un conductor eléctrico. Esta medición consiste en determinar la diferencia de potencial que existe entre los extremos de dicho circuito eléctrico.

Dependiendo de la forma de funcionar, los transductores que se basan en los fenómenos electromagnéticos se pueden dividir en:

- "Sincro". Con el nombre de sincro se conoce o se denomina a una familia de elementos, cuya acción es similar a la de un transformador variable.

Los sincro se dividen en varias categorías dependiendo de su función precisa, estos dispositivos generalmente se utilizan para transmitir y recibir posiciones angulares por medios eléctricos.

-Solucionadores "sincro". Dentro de la familia de los elementos síncronos, el transformador de control es un dispositivo de gran utilidad cuando se desea seguir la posición angular en forma eléctrica. Esta necesidad se debe a que no siempre se transmite la posición en forma directa. Por ejemplo: si se trata de un servomecanismo de muy alta potencia se usan los elementos síncronos para transmitir y detectar las señales de posición y después de ser amplificados accionan al elemento actuador.

- Transformadores diferenciales lineales (LVDT). Este tipo de transductores se estudiarán en forma más completa en el transcurso de la práctica, debido a que son el objeto de la misma.

**TRANSDUCTOR LVDT**

El transformador diferencial de variación lineal (LVDT) mide fuerza en términos del desplazamiento del núcleo ferromagnético de un transformador. La construcción básica del LVDT se muestra en la figura 1.

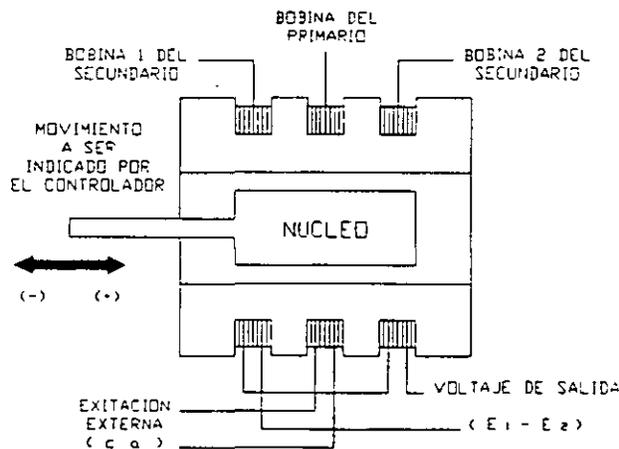


Figura 1

El transformador consiste de un embobinado primario y dos embobinados secundarios, los cuales están en contrafase con el primario. Los secundarios tienen igual número de vueltas, están conectados en serie y en oposición de fase, con lo cual, las fems inducidas en las bobinas se oponen. La posición del cursor

determina el flujo concatenado entre el voltaje alterno de excitación del primario y el correspondiente a los embobinados del secundario.

Con el cursor en el centro o posición de referencia, las fems inducidas en los secundarios son iguales, y como son opuestas una con otra, el voltaje de salida será de 0 V. Cuando una fuerza externa aplica un movimiento al cursor hacia la izquierda habrá más líneas de flujo magnético en la bobina izquierda que en la bobina derecha, y por lo tanto la fem inducida en la bobina izquierda será mayor. La magnitud del voltaje de salida es entonces igual a la diferencia entre los dos voltajes del secundario y estará en fase con el voltaje de la bobina izquierda. En forma análoga, cuando el cursor es movido a la derecha, existirán más líneas de flujo de la bobina derecha y la magnitud del voltaje de salida estará ahora en fase con la fem de la bobina de la derecha. Dichas magnitudes serán iguales y de fase opuesta mientras que la diferencia entre las dos fems inducidas sean las mismas y de fase opuesta. La figura 2 muestra la salida de voltaje del LVDT en función de la posición del cursor.

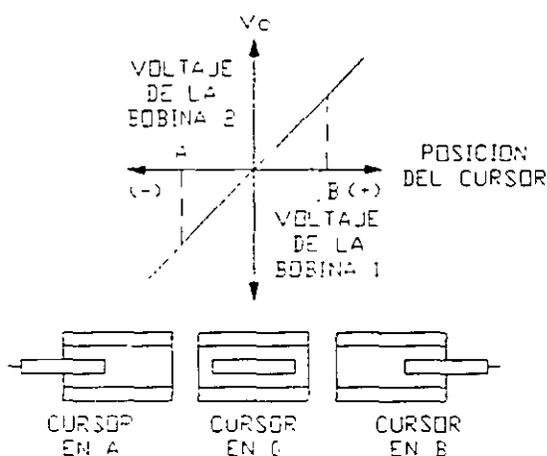


Figura 2

El LVDT provee resolución continua y presenta baja histéresis. Puede usarse en desplazamientos relativamente largos. El instrumento es sensible a las vibraciones. Los instrumentos receptores deben ser seleccionados para operar con señales de corriente alterna o con un demodulador si se requiere salida de corriente continua.

Las características fundamentales que determinan el campo de empleo y la calidad de estos dispositivos son las siguientes:

- i) Voltaje de entrada nominal: es el valor eficaz del voltaje senoidal con que se debe alimentar al primario del LVDT.
- ii) Margen de frecuencias: es el rango en el que se hallan comprendidas las frecuencias admisibles para el voltaje de entrada.
- iii) Campo nominal de desplazamiento: es el valor del desplazamiento máximo que cada transductor puede convertir manteniendo las características de medición.
- iv) La impedancia del primario y del secundario.
- v) El campo de temperaturas de trabajo y de almacenamiento.

Las características relativas a la calidad de la conversión son las siguientes: linealidad, sensibilidad y variación de fase.

La linealidad, cuando es referida al valor a plena escala, se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Linealidad} = \frac{V_2 - V_1}{F.S.O.} (\pm \frac{1}{2})$$

El valor de la linealidad normalmente se expresa en porcentaje y F.S.O. (Full Scale Output) indica la salida a plena escala, es decir, la variación del voltaje que sufre la salida cuando el desplazamiento varía de acuerdo a una cantidad que es igual al valor total de su escala, V1 y V2 son los voltajes respectivos, tal como se muestra en la figura 3.

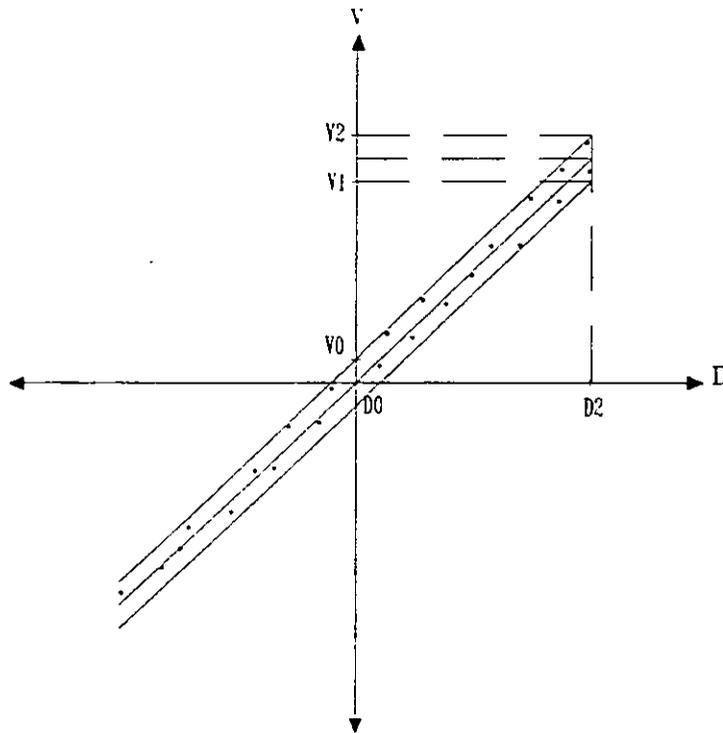


Figura 3

La sensibilidad es la relación que existe entre la variación de voltaje que se obtiene a la salida con respecto a la variación del desplazamiento de entrada, es decir:

$$S = \frac{V_2 - V_0}{D_2 - D_0}$$

En donde S representa la sensibilidad, (V<sub>2</sub> - V<sub>0</sub>) la variación de voltaje a la salida y esta dada en volts y (D<sub>2</sub> - D<sub>0</sub>) es el desplazamiento a la entrada en mm.

#### APLICACIONES DEL TRANSFORMADOR DIFERENCIAL DE VARIACION LINEAL (LVDT)

Una aplicación común que se le da al LVDT es como componente de un servo sistema fuerza-balance. Esto es indicado esquemáticamente en la figura 4. Las terminales de salida de un transformador de entrada y un transformador balanceado se conectan en serie y en oposición. La suma algebraica de los dos voltajes alimenta a un amplificador que maneja un motor de dos fases. Cuando los dos transformadores están en sus

posiciones de referencia, la suma de sus voltajes de salida es cero y no hay voltaje hacia el servomotor. Cuando se mueve el cursor del transformador de entrada de su posición de referencia, existirá un voltaje de salida, que será enviado al amplificador, provocando que el motor gire. El motor está mecánicamente acoplado al núcleo del transformador balanceado. Cuando la salida del transformador balanceado se opone a la salida del transformador de entrada el motor girará, hasta que las salidas de los dos transformadores sean iguales. El indicador en el motor se calibra para leer el desplazamiento del transformador balanceado, e indirectamente el desplazamiento del transformador de entrada.

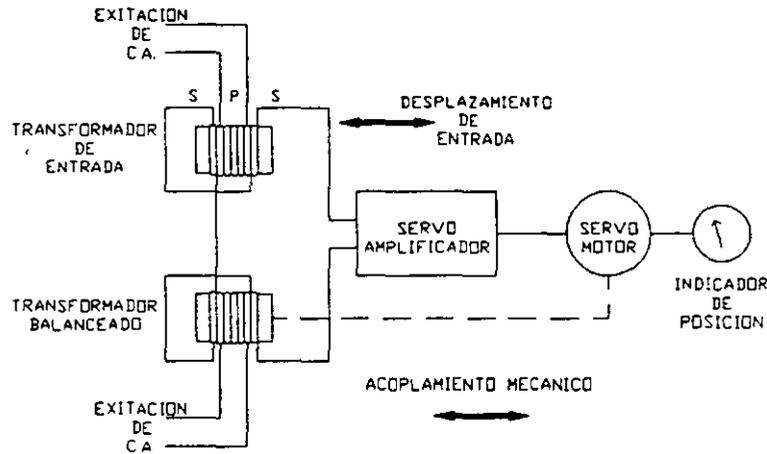


Figura 4

Una variación en la posición del cursor del LVDT es mostrado en la figura 5. El embobinado del primario está montado en la parte central del núcleo tipo 'E', y los embobinados del secundario están en las partes externas del núcleo tipo 'E'. La armadura se encuentra girando debido a la aplicación de una fuerza externa en un punto pivote a lo largo de la pata del centro del núcleo. Cuando la armadura es desplazada de su posición de referencia, la reluctancia del circuito magnético a través de una bobina del secundario disminuye, mientras que simultáneamente, la reluctancia del circuito magnético a través de la otra bobina del secundario aumenta. Las fems inducidas en los embobinados del secundario son iguales en la posición de referencia de la armadura, y serán diferentes en magnitud como resultado del desplazamiento aplicado. Las fems están en fase opuesta una con respecto de la otra y el transformador opera de la misma manera que el desplazamiento del cursor del transformador de la figura 5.

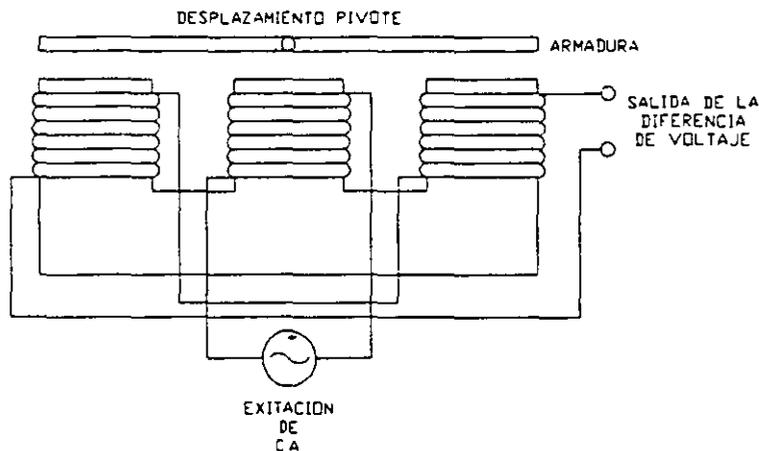


Figura 5

## ACONDICIONADORES DE SEÑAL EMPLEADOS CON LOS TRANSDUCTORES DE POSICION

Los circuitos acondicionadores de señal empleados en los transductores capacitivos, son muy complejos, pues están constituidos por un oscilador 'chopper' y un demodulador (para proporcionar una señal de salida continua). Estos también deben ser capaces de determinar y elaborar pequeñísimas variaciones de voltaje y capacitancia.

El sistema de interfase para los transductores del tipo piezorresistivo comprende un amplificador diferencial para instrumentos (de alta ganancia en el caso de extensómetros resistivos) de un generador de voltaje con estabilidad térmica elevada.

Resultan más sencillos los acondicionadores de señal empleados con los transductores resistivos y potenciométricos, ya que deben poder suministrar un voltaje de alimentación muy estable y desconectar el sistema de lectura si dicho sistema presenta una resistencia de entrada igual a la del transductor.

Los dispositivos de interfase que se utilizan con los 'sincro' son muy complejos ya que deben de extraer la información de la posición correspondiente al ángulo del par de los voltajes senoidales que salen del transductor. Esto se realiza recurriendo a un sistema de cálculo que efectúa todos los tratamientos necesarios para dar resultados directamente en forma digital.

Los acondicionadores de señal para los transductores del tipo LVDT generalmente comprenden un generador de ondas senoidales destinado a alimentar el primario del LVDT, un demodulador síncrono para convertir la amplitud y la fase de la señal de salida de los LVDT en una información de posición y un amplificador de salida para obtener la ganancia y el filtrado que sean requeridos. La figura 6 muestra el esquema básico de un acondicionador de señal para transductores del tipo LVDT.

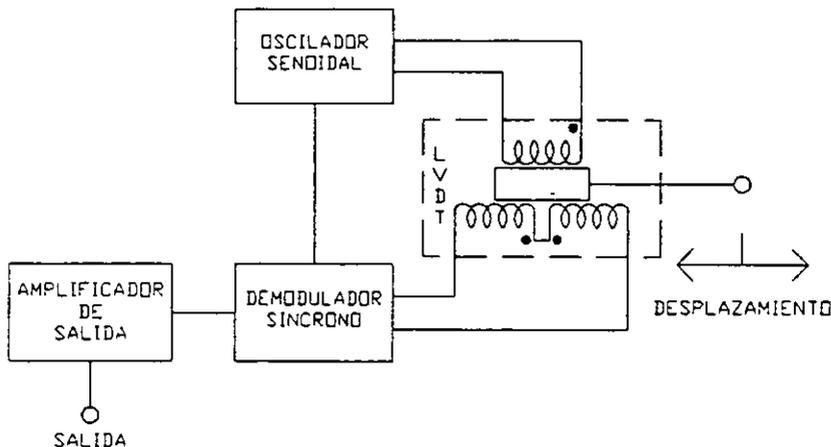


Figura 6

### DESCRIPCION DEL MODULO TRANSDUCTOR Y ACONDICIONADOR G27

La figura 7 muestra el diagrama del módulo G27, el cual incluye el LVDT, el acondicionador y el circuito que genera los voltajes de referencia.

En el circuito de interfase, que se encuentra representado íntegramente en el panel didáctico (figura 7), el transductor está conectado internamente al acondicionador de señal.

**Voltajes de Referencia.** Se generan voltajes de referencia de 8 V que son necesarios para el funcionamiento del acondicionador de señal.

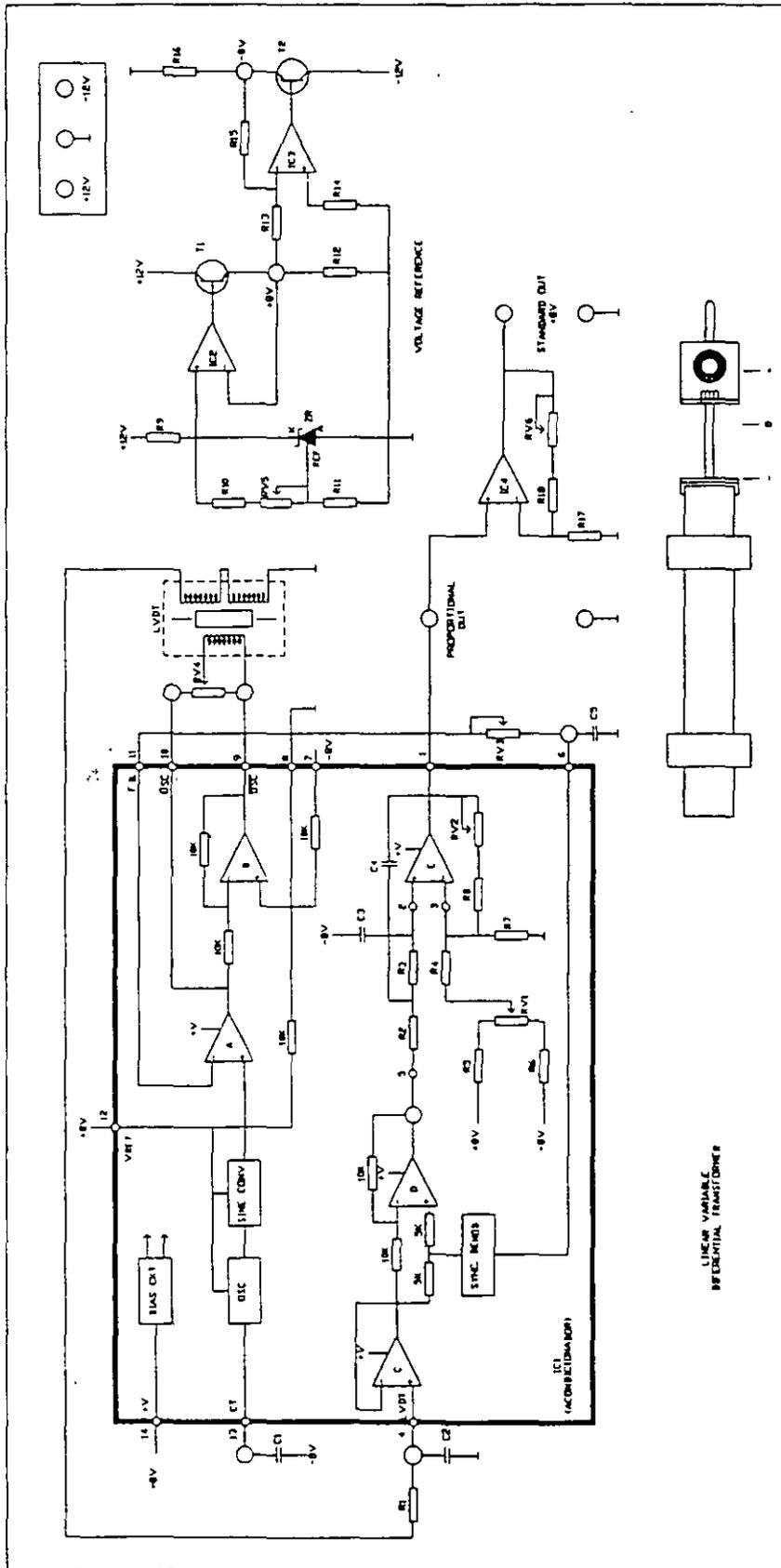


Figura 7

Acondicionador del LVDT. Este grupo en el modulo G27 está delimitado por un recuadro de trazo grueso y está diseñado con base a un circuito integrado. Tiene la función de suministrar una señal de salida analógica cuyo voltaje es proporcional al desplazamiento del núcleo del transductor. Este acondicionador está compuesto de las siguientes partes principales:

Oscilador. Consiste en un generador de ondas triangulares. La frecuencia de oscilación esta relacionada con el capacitor conectado al contacto 13 (CT).

Convertidor Senoidal. Este elemento, constituido por una carga no lineal, transforma la onda triangular de entrada en una onda senoidal de baja distorsión (borne 4).

Amplificadores Operacionales A y B. Estos amplificadores separan la señal senoidal que sale del convertidor senoidal, presentandola entre los contactos 9 (OSC) y 10 (OSC) en oposición de fase con respecto a la del Convertidor Senoidal. La señal que está presente en dichos contactos es la alimentación al primario del LVDT.

Demodulador Sincro. Este dispositivo se encarga de efectuar la rectificación de doble semionda (contacto 6) en sincronía de fase con la salida del oscilador.

Amplificador Operacional C. Este amplificador sirve para separar la señal diferencia proveniente del secundario del transductor.

Amplificador Operacional D. Según sea que la salida del Demodulador Sincro tenga un valor alto o el valor de tierra (salida en fase con el primario o viceversa), este amplificador operacional (D) presentará en su salida un 'OFFSET' de voltaje continuo, positivo o negativo según sea el caso (Demodulador de salida o contacto 5).

Amplificador Operacional E (Amplificador Auxiliar). Con los capacitores y resistencias adecuados este dispositivo actúa como un filtro que elimina la señal portadora que sale del Demodulador de Salida, suministrando en el contacto 1 una señal continua proporcional al desplazamiento.

## OBJETIVOS

- Conocer el funcionamiento básico del Transformador Diferencial de Variación Lineal (LVDT).
- Aprender el procedimiento de calibración para el acondicionador de señal.
- Obtener la recta óptima o ideal del transductor.
- Determinar el porcentaje de linealidad del sistema formado por el transductor y el acondicionador.
- Determinar la sensibilidad del sistema.

---

**EQUIPO Y MATERIAL**

- Módulo G27 (transductor LVDT).
- Fuente de alimentación tipo PS1EV.
- Un voltmetro digital de tres dígitos y medio.
- Un osciloscopio de doble traza.
- Un Vernier o pie de rey.

**DESARROLLO****EXPERIMENTO 1. CALIBRACION DEL ACONDICIONADOR DEL LVDT**

- Sin encender la fuente, conecte los bornes de  $\pm 12.0$  V, así como el de 0 V del módulo G27 a la fuente regulada.
  - Conectar el voltmetro digital entre el borne marcado con +8 V y alguno de los bornes de tierra.
  - Verificar las conexiones y encender la fuente.
  - Regular RV5 hasta que el voltmetro indique exactamente +8 V; y verificar que en el borne indicado como -8 V exista ese voltaje.
  - Observar que en el borne 13 se encuentre presente una señal triangular, de aproximadamente 8 V<sub>pp</sub> de amplitud y de 4300 Hz de frecuencia.
  - Colocar el cursor del LVDT en la posición marcada con '+' y regular RV4 tratando de que en el borne 4 este presente una señal senoidal de 1 V<sub>pp</sub>.
  - Conectar el canal 1 del osciloscopio al borne 4 y el canal 2 al borne 6. Regular RV3 (error de fase) hasta observar dos señales defasadas 180 grados, si el cursor del LVDT, se encuentra en la posición '-'; o bien, exactamente en fase, si el cursor se encuentra en la posición '+'.  
7
  - Verificar que la señal presente en el borne 5 este rectificad<sup>a</sup> positivamente si el cursor se halla en la posición '+'; o en caso de estar en la posición '-' deberá ser una rectificación negativa.
  - La máxima amplitud tendrá que ser de 0.5 Volts para un recorrido de 12.5 mm.
  - Colocar el cursor en la posición 0 y observar que el valor del voltaje en el borne 5 sea de 0 Volts (de ser necesario, ajustar el cuerpo del LVDT); regular RV1 (ZERO) hasta que el voltaje de salida en el borne 1 (salida proporcional) sea de 0 Volts.
  - Colocar el cursor del LVDT a +12.5 mm de la posición 0 y regular RV2 (GAIN) de tal forma que el voltaje de salida en el borne 1 sea de +1.25 V.
-

- Situar el cursor del LVDT en la posición de -12.5 mm y medir el voltaje de salida (aproximadamente de -1.25 Volts).
- Conectar el voltmetro digital en la salida estandar y regular RV6 tratando de obtener -8 Volts cuando el voltaje en la salida proporcional es de -1.25 Volts respectivamente.

**EXPERIMENTO 2. OBTENCION DE LA CURVA CARACTERISTICA DISTANCIA-VOLTAJE DEL SISTEMA FORMADO POR EL ACONDICIONADOR Y EL TRANSDUCTOR LVDT**

- Efectuar la calibración del acondicionador como se indicó en el experimento I.
- Conectar el voltmetro digital entre el borne 1 y alguno de los bornes de tierra.

**NOTA:**

Para obtener mejores resultados tenga cuidado al situar el cursor en la posición deseada, fije el cursor con el tornillo y asegurese que las láminas de medición estén perfectamente paralelas.

- Mover el cursor partiendo de la posición 0 hacia los valores positivos en intervalos de 2 mm, registrando los valores observados en el voltmetro en la Tabla 1.

L (mm)	Vo (Volts)	L (mm)	Vo (Volts)
140		140	
125		125	
120		120	
100		100	
80		80	
60		60	
40		40	
20		20	
0.0		0.0	
-20		-20	
-40		-40	
-60		-60	
-80		-80	
-100		-100	
-125		-125	
-140		-140	

Tabla 1

- Repita el paso anterior, pero ahora regresando el cursor hacia la posición cero, los valores de voltaje que obtenga anótelos en la Tabla 1.
- Desplazar el cursor en sentido negativo, con saltos de 2 mm, haciendo un registro de los valores de voltaje que obtenga, y anótelos en la Tabla 1.
- Repetir el paso anterior, pero ahora en sentido opuesto, es decir, regresando el cursor a la posición cero, los voltajes obtenidos en el voltmetro se deben anotar en la Tabla 1.

## ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

1. ¿ Cuáles fueron los voltajes de calibración que midió en el experimento I ?
2. Dibuje la forma de onda observada en el borne 13.
3. Dibuje la señal que observó en el borne 4.
4. Dibuje las señales observadas en el paso 7 del experimento I.
5. Muestre las formas de onda que observó en el paso 8 del experimento I.
6. Anóte los valores de voltaje que observó en los pasos 10, 11 y 12 correspondientes al experimento I.
7. Traslade sobre el plano cartesiano los datos obtenidos en la tabla 1, donde el desplazamiento corresponde al valor de las abscisa y el voltaje al de las ordenadas.
8. Repita el paso anterior, pero ahora con los datos de la tabla 1 que van en sentido descendente.
9. Trazar la línea que más se aproxime a los valores determinados por los puntos para obtener la recta óptima del transductor. A continuación, trácese dos rectas paralelas y equidistantes a la recta óptima, de tal forma, que entre las dos primeras queden contenidos todos los puntos que se marcaron en la gráfica.
10. En base al punto 9, obtenga el modelo matemático del transductor.
11. Trace una recta paralela al eje de las ordenadas y mida los valores del voltaje en los puntos de intersección, con las dos rectas que delimitan todos los puntos de medición, para obtener  $V_1$  y  $V_2$ .
12. Calcule la linealidad del sistema formado por el transductor y el acondicionador, de acuerdo con la teoría.
13. De acuerdo con los datos de la tabla 1, calcule la sensibilidad del sistema.
14. Proponga un sistema que utilice un LVDT y que sea distinto del que se mencionó en la teoría.
15. ¿ Presenta histéresis el transductor ? Explique.
16. Reporte sus observaciones y conclusiones.

## TRANSDUCTOR DE ACELERACION Y VELOCIDAD

La necesidad de tener que medir y analizar las vibraciones que se producen en muchas clases de estructuras en situaciones particulares ha fomentado el desarrollo de ciertos tipos de transductores, capaces de transformar las aceleraciones mecánicas en señales eléctricas. En forma análoga, debido a la gran difusión de la electrónica en las máquinas industriales, hoy en día son de uso común también, los transductores de velocidad angular. En particular, existen transductores (detectores o sensores) de aceleración llamados acelerómetros y transductores de velocidad angular llamados dínamos tacométricos. A fin de que las señales eléctricas analógicas obtenidas en las salidas de los transductores puedan ser utilizadas correctamente, es necesario emplear también sistemas de interfaces eléctricas, los cuáles se denominan acondicionadores de señal.

### TRANSDUCTORES DE ACELERACIÓN: ACELEROMETROS.

Los acelerómetros son transductores electromecánicos en cuya salida suministran una señal eléctrica proporcional a la aceleración vibratoria a la cuál se les somete.

El elemento activo de un acelerómetro está constituido por uno o varios discos (o barras) piezoeléctricos sometidos en la parte superior o lateralmente a cargas representadas por una o varias masas sísmicas y mantenido en posición mediante un soporte rígido; esto se representa en la figura 1.

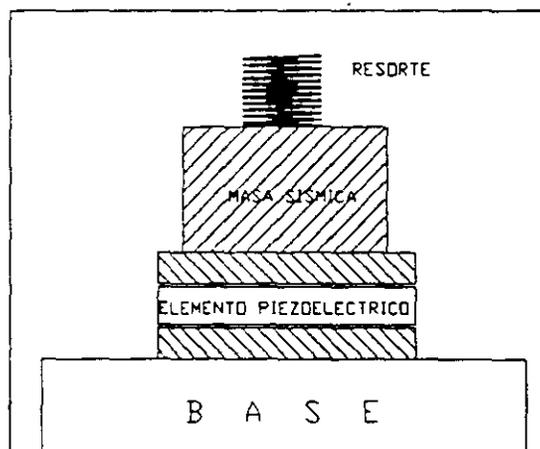


Figura 1

Cuando el acelerómetro se halla sujeto a vibraciones, la masa sísmica ejerce una fuerza variable sobre los discos o barras que, debido al efecto piezoeléctrico, generan una carga eléctrica.

La señal eléctrica producida por el elemento piezoeléctrico será proporcional a la aceleración a la que se halle sometido dicho transductor.

Esta señal eléctrica podrá medirse electrónicamente en los bornes de salida del acelerómetro y utilizarse para determinar con gran precisión la amplitud de la vibración, la frecuencia y la forma de onda.

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LOS ACELEROMETROS.**

Sensibilidad (referida a las cargas eléctricas o a voltajes).

Un acelerómetro piezoeléctrico puede ser considerado como una fuente de carga o de voltaje. Su sensibilidad depende de la relación entre la señal eléctrica presente en su salida y la aceleración que provoca dicha señal, puede expresarse en unidades de carga por unidades de aceleración:

$$S_q = \left[ \frac{pC}{m s^{-2}} \right]$$

donde: pC corresponde a picoCoulombs

y también en unidades de tensión por unidades de aceleración:

$$S_v = \left[ \frac{mV}{m s^{-2}} \right]$$

donde: mV corresponde a milivolts

La sensibilidad no sólo depende del tipo y tamaño del elemento piezoeléctrico, sino también del peso de las masas sísmicas que actúan como carga.

Los acelerómetros son relativamente sensibles a las aceleraciones que se producen sobre el plano perpendicular a su eje principal de sensibilidad, como se muestra en la figura 2. Esto se debe a pequeñas irregularidades de la estructura, de la alineación y de la polarización del elemento piezoeléctrico.

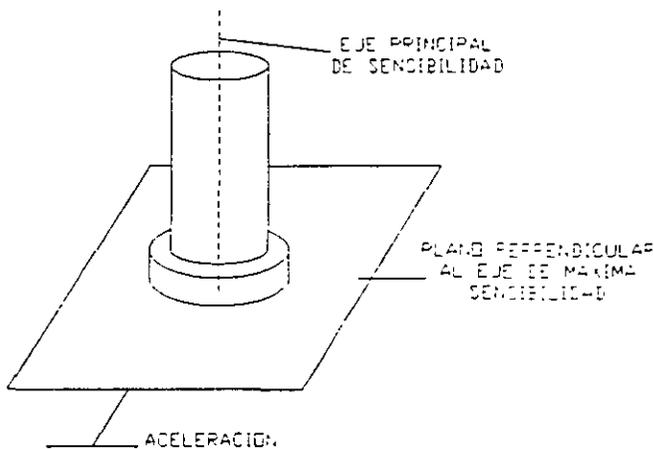


Figura 2

Los valores típicos de la máxima sensibilidad transversal varían del 3 al 5% de la sensibilidad correspondiente al eje principal.

**Respuesta en Frecuencia.**

La curva característica de la respuesta en frecuencia de un acelerómetro se muestra en la figura 3. Se considera normalmente el límite de frecuencia superior igual a un tercio de la frecuencia de resonancia, con un error inferior al 12%.

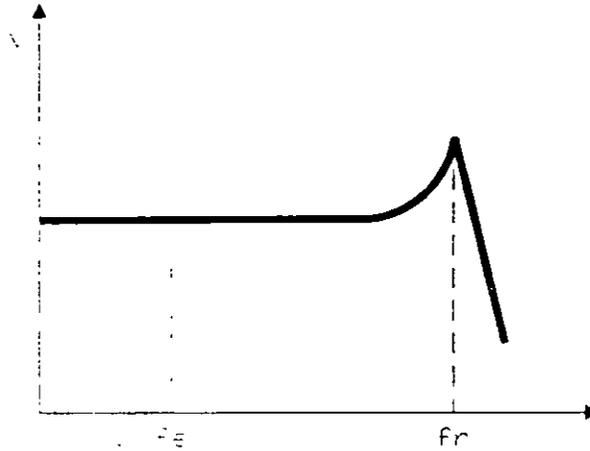


Figura 3.

La respuesta en frecuencia de un acelerómetro a bajas frecuencias depende, principalmente del tipo de preamplificador utilizado en el acondicionador.

En el caso de preamplificadores de voltaje, la resistencia de entrada de los mismos hace disminuir la constante de tiempo eléctrica del acelerómetro. Por esta razón, si se desean realizar mediciones a bajas frecuencias, es necesario utilizar preamplificadores de voltaje con resistencias de entrada muy elevadas.

Este problema no existe con los preamplificadores de carga, ya que la realimentación capacitiva hace que aumente la constante de tiempo del acelerómetro, permitiéndolo así, efectuar mediciones a frecuencias muy bajas.

#### Campo Dinámico.

El campo dinámico de un acelerómetro define el margen dentro del cual la señal eléctrica de salida es directamente proporcional a la aceleración aplicada en su base. Los límites son determinados por la robustez mecánica y por la eventual precarga del elemento piezoeléctrico. Los acelerómetros piezoeléctricos pueden usarse para medir niveles de vibración muy bajos.

Teóricamente, el valor de la salida de los mismos es lineal hasta cero, pero en el nivel de ruido del sistema de medición y el ambiente en que se realizan las mediciones impone un límite práctico. En consecuencia, cuando se realizan mediciones con bajos niveles de vibración es importante utilizar un preamplificador con un nivel de ruido reducido y además, habrá de efectuar las conexiones con cables cortos y fijos, para hacer que el ruido introducido por el movimiento mecánico sea mínimo.

#### Sensibilidad Ambiental.

Al escoger un acelerómetro se debe tomar en cuenta las condiciones ambientales bajo las cuales se utilizará, tales como:

**Temperatura.** Los acelerómetros poseen temperaturas límite de funcionamiento. A bajas temperaturas, la sensibilidad sufre variaciones. En la figura 4 se muestran los distintos niveles de sensibilidad en función de la temperatura, para el caso de un acelerómetro provisto de un elemento activo de material piezoeléctrico tipo PZ 23.

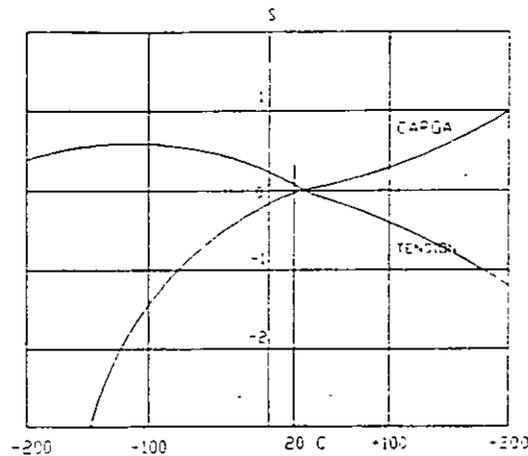


Figura 4

Los acelerómetros piezoeléctricos son sensibles también a los cambios de temperatura y esta característica es muy importante en las mediciones con bajas frecuencias y niveles.

Presión acústica. La sensibilidad acústica de los acelerómetros es mínima y se le puede despreciar en la mayor parte de las aplicaciones. Normalmente, la vibración acústica introducida por una estructura es mucho mayor que la señal provocada por la sensibilidad acústica del transductor receptor de la vibración.

Voltajes en la base. Pueden llegar a originarse a causa de deformaciones de la estructura en la que está montado el acelerómetro. Es importante que las bases de estos sean muy rígidas, para reducir la sensibilidad a las tensiones generadas.

Montaje de un acelerómetro. En altas frecuencias, es importante que el acelerómetro esté bien sujeto al objeto a probar. La precisión de mediciones está vinculada sobre todo a la solidez de la montura del acelerómetro.

La respuesta en frecuencia depende de la calidad del montaje. El mejor de todos es el que se realiza fijándolo sobre una superficie plana y lisa mediante un tornillo y tuerca de acero. Usando otros sistemas la frecuencia de resonancia será inferior.

#### ACONDICIONADORES DE SEÑAL PARA ACELERÓMETROS.

En los sistemas de medición basados en el uso de un acelerómetro, el acondicionador de señal cumple 2 funciones:

- a) Transformar la elevada impedancia de salida del acelerómetro en otra inferior.
- b) Amplificar la señal de entrada, relativamente débil, del acelerómetro cuando los instrumentos que le siguen no poseen una sensibilidad suficientemente alta. En este caso, existen dos posibilidades de amplificación representadas por:
  - los amplificadores de voltaje.
  - los amplificadores de carga.

Los primeros actúan presentando la máxima resistencia posible al acelerómetro y manteniéndolo baja la capacidad de entrada, para evitar pérdidas de sensibilidad. Los segundos presentan valores elevados de capacidad y de resistencia de entrada, por lo que no altera las características de sensibilidad.

**TRANSDUCTORES DE VELOCIDAD: DINAMO TACOMETRICO.**

El modo más simple de calcular la velocidad de un cuerpo rígido es el de medir el desplazamiento de uno de sus puntos en un cierto tiempo, ó el calcular el tiempo necesario para que uno de sus puntos recorra un determinado espacio.

Entre los transductores de velocidad se encuentra la dínamo tacométrica, el codificador (encoder), y el resolucionador sincro (synchro resolver). Siendo el transductor que se analizará en ésta práctica el primero en mención.

Dínamo Tacométrica. Para la medición de velocidades angulares se utilizan con frecuencia las dínamos tacométricas.

En ellas, el campo magnético se obtiene por lo general por medio de un imán permanente de herradura con 2 piezas polares entre sus ramas. La espira del inducido, situada en el entrehierro, gira a una velocidad angular  $\omega$ . Dicha espira es atravesada por un flujo magnético que varía según la relación  $\Phi = \Phi_0 \cos \omega t$ ; por lo que la tensión en sus extremos resulta ser :  $e = \Phi_0 \omega \sin \omega t$  cuyo valor máximo es proporcional a la velocidad angular. Lo anterior se muestra en la figura 5.

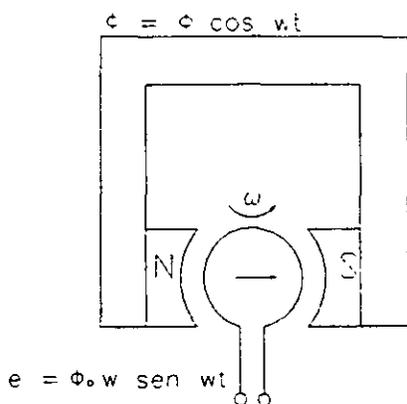


Figura 5

Realmente la dínamo está construída por un estator donde está el imán y por un rotor, en el que están arrolladas N espiras, separadas entre sí por un ángulo eléctrico cuyo valor es de  $2\pi/N$ .

La señal de salida se obtiene a través de 2 escobillas que, del colector, se obtienen los voltajes senoidales.

Constante Tacométrica. Es parámetro fundamental que caracteriza una dínamo tacométrica el cual indica la variación de voltaje por radianes/segundo. Para la dínamo utilizada, la constante tacométrica es de 14.5 mV/rpm.

$$K_T = \frac{60V}{2\pi N}$$

donde:

- N - Valor nominal del número de revoluciones por minuto (rpm)
- V - Voltaje nominal (Volts)
- $K_T$  - Constante tacométrica ( $V/\text{rad } s^{-1}$ )

Los valores que normalmente proporciona el fabricante son N y V.

**LINEALIDAD**

La linealidad referida al valor de plena escala está dada por:

$$\text{linealidad} = \left( \frac{\pm 1}{2} \right) \frac{|V_1 - V_2|}{F.S.O.}$$

Este valor se expresa normalmente en porcentaje. El término F.S.O. indica la salida a plena escala (Full Scale Output), es decir, la variación de voltaje que sufre la salida cuando la aceleración varía según la cantidad igual al valor total de su escala y  $V_1$  y  $V_2$  son los valores de voltaje máximo y mínimo respectivamente cuando el valor de la aceleración está a plena escala. En este caso la linealidad especificada por el fabricante es de 0.2 %.

**DESCRIPCION DEL EQUIPO.**

El equipo consta de dos partes principales:

- Unidad MIL 28.
- Acondicionadores de señal

**Unidad MIL 28**

La unidad MIL 28, ilustrada en la figura 6, está constituida por un mecanismo de transmisión 'biela-manivela' para generar la aceleración, por un motor de cc, una dinamo tacométrica y un sistema óptico para generar y determinar la velocidad angular, respectivamente.

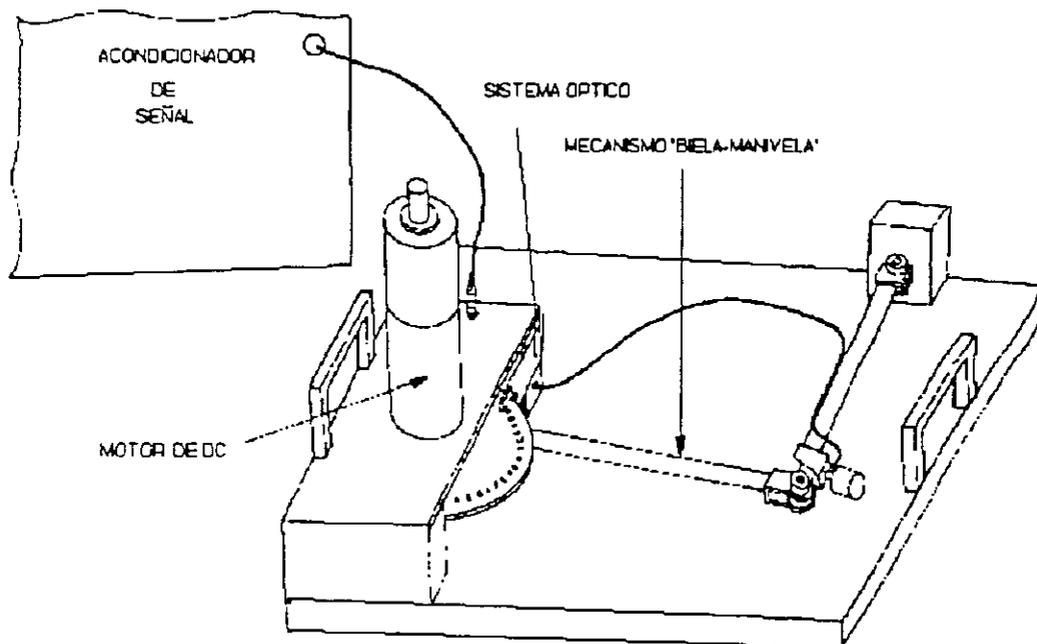


Figura 6

El motor de cc de imanes permanentes se utiliza para generar la rotación de la dínamo tacométrica y del mecanismo 'biela-manivela'. La velocidad máxima del motor sin el acoplamiento de la biela es de 3200 rpm con un voltaje de alimentación de aproximadamente 22 V.

Cuando se usa el mecanismo de la 'biela-manivela', éste presenta una fuerte carga dada por los movimientos extremos de la biela (puntos muertos) por lo que el motor sólo puede alcanzar una velocidad máxima de 600 rpm (4.5 V de alimentación y hasta 1.5 A).

Por lo anterior, para analizar la dínamo tacométrica en todo el campo de velocidades, se tiene que desacoplar el mecanismo de la biela del disco al cual esta atornillado.

Mecanismo de 'biela-manivela' para generar la aceleración.

Para obtener la relación que vincula la velocidad del motor con la aceleración a la que está sometido el acelerómetro, éste se coloca al pie de la biela y se considera que su movimiento es a lo largo de la recta Po y P1, es decir, punto muerto exterior e interior respectivamente, esto se ilustra en la figura 7.

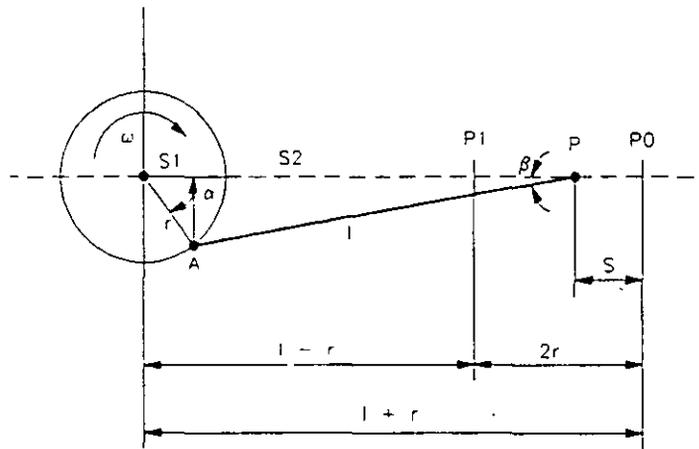


Figura 7.

Por otro lado, la fracción del recorrido del pie de la biela cuando la manivela gira en sentido horario un ángulo  $\alpha$  desde el punto muerto exterior, es:

$$S = P_0 - P = r + l - (s_1 + s_2)$$

esto es:

$$S = r + l - r \cos \alpha - l \cos \beta$$

$$S = r(1 - \cos \alpha) + l(1 - \cos \beta)$$

Aplicando las dos siguientes identidades trigonométricas:

$$\frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha} = \lambda$$

siendo  $\lambda = \frac{r}{l}$

y

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \text{sen}^2 \beta}$$

se obtiene:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \text{sen}^2 \alpha}$$

completando cuadrados de:

$$(1 - \lambda^2 \text{sen}^2 \alpha) = \left(1 - \frac{\lambda^2}{2} \text{sen}^2 \alpha\right)^2 - \frac{\lambda^4}{4} \text{sen}^4 \alpha$$

por lo que:

$$\cos \beta = \sqrt{\left(1 - \frac{\lambda^2}{2} \text{sen}^2 \alpha\right)^2 - \frac{\lambda^4}{4} \text{sen}^4 \alpha}$$

y considerando que:

$$\frac{\lambda^4}{4} \text{sen}^4 \alpha \approx 0$$

$$\cos \beta = 1 - \frac{\lambda^2}{2} \text{sen}^2 \alpha$$

y por tanto, la expresión del desplazamiento s queda:

$$S = r (1 - \cos \alpha) + l \left(\frac{\lambda^2}{2} \text{sen}^2 \alpha\right)$$

o bien:

$$S = r \left[ (1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{2} \text{sen}^2 \alpha \right]$$

Esta ecuación representa el desplazamiento del pie de la biela, la cual si se deriva con respecto al tiempo y considerando  $\alpha = \omega t$ , se obtiene la ecuación de la velocidad del pie de la biela, esto es:

$$S = r - r \cos \omega t + \frac{r\lambda}{2} \text{sen}^2 \omega t$$

$$V_p = \frac{dS}{dt} = \left[ -r (-\text{sen } \omega t) (\omega) \right] + \frac{r\lambda}{2} \left[ 2 \text{sen } \omega t (\cos \omega t (\omega)) \right]$$

Simplificando, se obtiene la expresión de la velocidad:

$$V_p = r \omega \left( \text{sen } \alpha + \frac{\lambda}{2} \text{sen } 2\alpha \right)$$


---

y volviendo a derivar  $V_p$  con respecto al tiempo se obtiene la aceleración del pie de la biela:

$$V_p = r \omega \operatorname{sen} \omega t + \frac{\lambda r \omega}{2} \operatorname{sen} 2 \omega t$$

$$Q_p = \frac{dV_p}{dt} = r \omega \left[ \cos \omega t (\omega) \right] + \frac{\lambda r \omega}{2} \left[ \cos 2 \omega t (2 \omega) \right]$$

Simplificando, se obtiene la expresión de la aceleración:

$$Q_p = r \omega^2 \left( \cos \alpha + \lambda \cos 2 \alpha \right).$$

Evaluando  $Q_p$  en los puntos muertos exterior ( $\alpha = 0$ ) e interior ( $\alpha = 180$ ), y considerando  $\omega = 2 \pi N$ ,  $K = (2 \pi / 60)^2 r$  se tiene:

$$Q_{p \alpha 0} = N^2 \left( \frac{2 \pi}{60} \right)^2 r \left( 1 + \frac{r}{l} \right) \quad [m s^{-2}]$$

$$Q_{p \alpha 180} = -N^2 \left( \frac{2 \pi}{60} \right)^2 r \left( 1 - \frac{r}{l} \right) \quad [m s^{-2}]$$

$$Q_{p \alpha 0} = N^2 K \left( 1 + \frac{r}{l} \right)$$

$$Q_{p \alpha 180} = -N^2 K \left( 1 - \frac{r}{l} \right)$$

donde:

$N$  = número de rpm del motor

$r$  = 5.5 cm - radio de la manivela (en metros)

$l$  = 50 cm - longitud de la manivela (en metros)

La aceleración entre los puntos extremos queda dada por:

$$Q_p = Q_{\alpha 0} - Q_{\alpha 180}$$

que es la ecuación que relaciona la aceleración del pie de la biela (o bien la del acelerómetro) y la velocidad del motor en los puntos muertos exterior e interior.

Evaluando la aceleración  $Q_p$  en los puntos interior y exterior, se tiene que:

$$Q_p = 2 n^2 603 \cdot 10^{-6} \quad [m s^{-2}]$$

y la aceleración (g) estará dada por:

$$g = \frac{Q_p}{9.81} \quad \{ \text{unidad de aceleración} \}$$

Evaluando  $Q_{\alpha 0}$ ,  $Q_{\alpha 180}$  y  $Q_p$  a una aceleración de 600 rpm:

$$Q_{\alpha 0} = 246.8 \text{ m s}^{-2} = 26.1 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad Q_{\alpha 0} = 2.61 \text{ V}$$

$$Q_{\alpha 180} = -177.28 \text{ m s}^{-2} = -18.07 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad Q_{\alpha 180} = -1.8 \text{ V}$$

$$Q_p = Q_{\alpha 0} - Q_{\alpha 180} = 434.08 \text{ m s}^{-2} = 44.24 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad Q_p = 4.42 \text{ V}$$

### Acondicionador de Señal

El acondicionador de señal, módulo G28, se muestra en la figura 8, esta dividido en tre partes principales:

- Sistema óptico para determinar la velocidad angular.
- Acondicionador de la dínamo tacométrica.
- Acondicionador para el acelerómetro.
- Circuito para determinar la velocidad angular

En la unidad MIL 28 está acoplado al eje del motor de cc un disco con 60 perforaciones, las cuales se encuentran dispuestas en forma radial. Un sistema óptico genera un pulso en presencia de cada perforación del disco. Dichos pulsos son enviados al módulo G28 a través del cable de interconexión y detectados en el borne 7. La señal de pulsos pasa a un comparador y a través del diodo D se fija la amplitud de los pulsos, por un lado a C-MOS compatible y por otro, mediante el transistor T y el diodo zener Z se obtiene la salida TTL compatible.

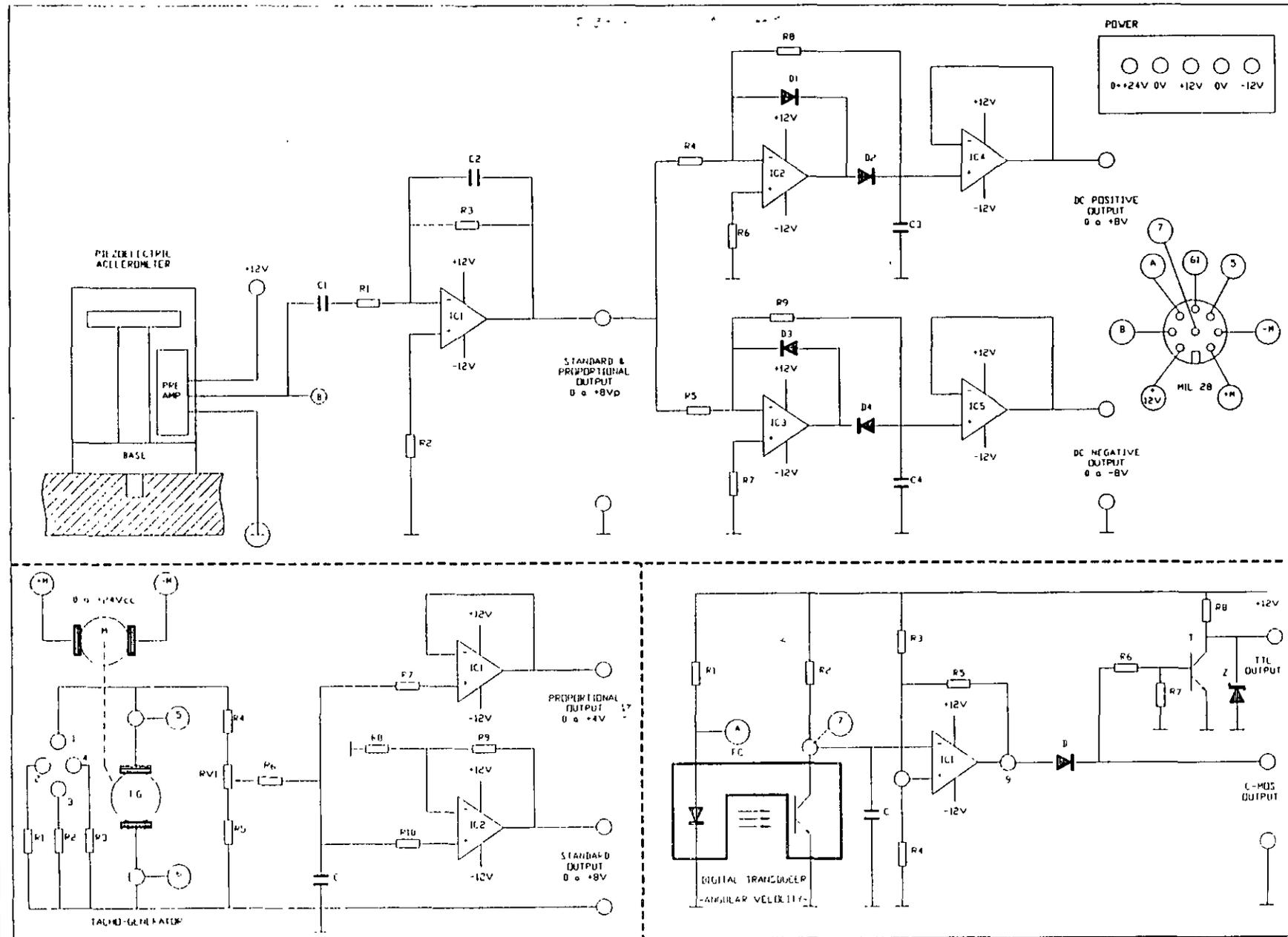
### Acondicionador de la Dínamo Tacométrica

Consiste en un divisor de voltaje (R4, R5 y RV1) para poder aplicar los voltajes de la dínamo tacométrica a los operacionales IC1 e IC2, los cuales funcionan como seguidor y amplificador de voltaje para obtener una salida proporcional de 4000rpm = 4V, o bien, estandard de 4000rpm = 8V respectivamente.

### Acondicionador de señal para el Acelerómetro

La señal proveniente del acelerómetro se preamplifica ahí mismo y pasa al acondicionador, aquí el capacitor C1 elimina la componente de directa presente en la salida del preamplificador, de aquí pasa al amplificador operacional IC1, el cual amplifica la señal para obtener una salida de 8Vpp y además actúa como filtro de altas frecuencias.

Los amplificadores operacionales IC2 e IC3 detectan las vibraciones en el campo positivo y negativo respectivamente, mientras que IC4 e IC5 conectados como seguidores de voltaje funcionan como elementos de acoplamiento para el instrumento de medición.



## OBJETIVO

- Familiarizar al alumno con los transductores de aceleración y velocidad angular.
- Trazar la recta de cada transductor y obtener el modelo matemático de cada transductor.
- Obtener el valor de la linealidad del sistema transductor - acondicionador.
- Determinar el valor de la constante tacométrica, es decir, la cifra que indica la variación de tensión en función del número de rpm.

—

## MATERIAL EMPLEADO

- Osciloscopio.
- Frecuencímetro.
- Fuente voltaje (PS1).
- Vóltmetro digital.
- Unidad MIL-28.
- Módulo G28.

—

## DESARROLLO

### EXPERIMENTO 1: DETERMINACIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA "ACELERACIÓN-TENSIÓN", SALIDA STANDAR & PROPORCIONAL.

En el panel del módulo G28 correspondiente al acondicionador de señales de los transductores, realizar las siguientes conexiones:

- Conectar los bornes de +12V, -12V y 0-24 V (variable), con sus respectivas tierras, del panel a una fuente de alimentación estable PS1 (NOTA: Asegurarse que la fuente variable esté en 0V y que esté apagada).
- Conectar el módulo G28 a la unidad MIL-28 por medio del cable correspondiente, como se muestra en la figura 6.
- Conectar el frecuencímetro entre el borne marcado C-MOS y el borne de tierra, situándolo en la posición 1 SEC, de modo que pueda leerse directamente la velocidad del motor en rpm.
- Verificar el cableado y encender la fuente.

- Aumentar el voltaje de alimentación del motor (de la fuente de 0 - 24 V) desde 0 V, de forma que el motor gire a velocidades crecientes con saltos indicativos de aproximadamente 50 rpm. La velocidad máxima que se puede alcanzar el motor con la biela es de 600 rpm.
- Medir con el osciloscopio el voltaje Standard y Proporcional con el multímetro la Salida positiva dc ( $\alpha_0$ ) y la Salida negativa dc ( $\alpha_{180}$ )

RPM <sup>1</sup>	Salida Estandar Proporcional <sup>2</sup>	Salida CD Positiva ( $Q_{\alpha 0}$ ) <sup>3</sup>	Salida CD Negativa ( $Q_{\alpha 180}$ ) <sup>4</sup>
0			
50			
100			
200			
300			
400			
500			
600			

Tabla 1

- 1 Medición en el frecuencímetro.
- 2 Medición en el osciloscopio.
- 3 y 4 Mediciones con el vóltmetro digital

**EXPERIMENTO 2: DETERMINACIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA VELOCIDAD ANGULAR - VOLTAJE DEL TRANSDUCTOR**

**NOTA:**

Para poder abarcar todo el rango de operación del transductor de velocidad, es muy importante desacoplar la biela-manivela del mecanismo de rotación, quitando el tornillo que une el disco y la biela.

- Conectar los bornes de +12V, -12V y 0-24 V (variable), con sus respectivas tierras, del panel a una fuente de alimentación estable PS1 (NOTA: Asegurarse que la fuente variable esté en 0V y que esté apagada).
- Conectar el módulo G28 a la unidad MIL-28 por medio del cable correspondiente, como se muestra en la figura 6.
- Conectar el frecuencímetro entre el borne C-MOS y el borne de tierra.
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Variar la velocidad del motor, mediante el voltaje de la fuente variable a partir de cero, con saltos indicativos en el frecuencímetro de 100 rpm y en correspondencia con cada uno de dichos saltos, medir con el vóltmetro digital los siguientes puntos:
  - Salida Standard
  - Salida Proporcional

- Salida del tacogenerador (en los bornes 5-6)
  - a) En vacío (sin carga)
  - b) Con carga R1 (conectando bornes 1-2)
  - c) Con carga R2 (conectando bornes 1-3)
  - d) Con carga R3 (conectando bornes 1-4)

— Registrar los datos generados en la Tabla 2.

RPM	Salida Estandar	Salida Proporcional	Salida del Tacogen. (vacío)	Salida del Tacogen. (carga R1)	Salida del Tacogen. (carga R2)	Salida del Tacogen. (carga R3)
0						
100						
200						
300						
2900						
3000						

Tabla 2

**ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

1. Calcular los valores teóricos de  $Q_{\alpha 0}$ ,  $Q_{\alpha 180}$ , g y el voltaje correspondiente a la aceleración g.
2. Con base a los cálculos del punto anterior, graficar la curva teórica que caracteriza al transductor de aceleración, esto es, V vs aceleración.
3. Con base a los datos de la tabla I, calcular la aceleración g y graficar la curva real en la misma gráfica del punto 2.
4. Con base a las gráficas teórica y real del transductor de aceleración, determine la linealidad del transductor-condicionador en ambos casos.
5. Determinar el modelo matemático del transductor de aceleración incluyendo el error máximo de operación.
6. Analizar y explicar el funcionamiento del acondicionador de señales del transductor de aceleración.
7. Con base a los datos de la tabla II, grafique las diferentes curvas características del transductor de velocidad, teniendo en el eje de las abscisas los valores de rpm y en el eje de las ordenadas los voltajes de la dínamo tacométrica en vacío y con cada una de sus cargas, así como el voltaje en la salida estándar y proporcional.
8. Explique cada una de las curvas del punto anterior, mencionando como afectan las cargas en la respuesta.
9. Determinar la constante tacométrica  $K_T$ , interpretarla y comparala con la especificada con el fabricante.

10. Determinar la linealidad del transductor de velocidad y comparela con la que especifica el fabricante.
11. Exprese el modelo matemático de dicho transductor.
12. Analizar y explicar el funcionamiento del acondicionador de señal del transductor de velocidad, así como el circuito detector de rpm.
13. Investigue y presente una aplicación de los transductores utilizados en la práctica.

## CODIFICADOR INCREMENTAL

### Transductores de posición

Los transductores de posición son dispositivos que convierten una magnitud física de posición en otra magnitud que generalmente es una señal eléctrica. Se pueden clasificar en dos grupos principales: Analógicos y Digitales.

Dentro de los analógicos se encuentran los potenciométricos, los sincros, los resolver, los inductosyn y los microslyn.<sup>1</sup>

Los transductores de posición digitales o numéricos convierten posiciones angulares y desplazamientos lineales en una representación numérica; éstos se subdividen en dos clases:

- a) Transductores de posición numéricos del tipo absoluto llamados codificadores absolutos. En ellos está codificado (en código Gray, BCD o binario) cada uno de los incrementos de posición, a partir de una referencia que es cero, de modo que la posición puede ser determinada directamente. En la figura 1 se muestra un disco codificado en código Gray de 16 posiciones.

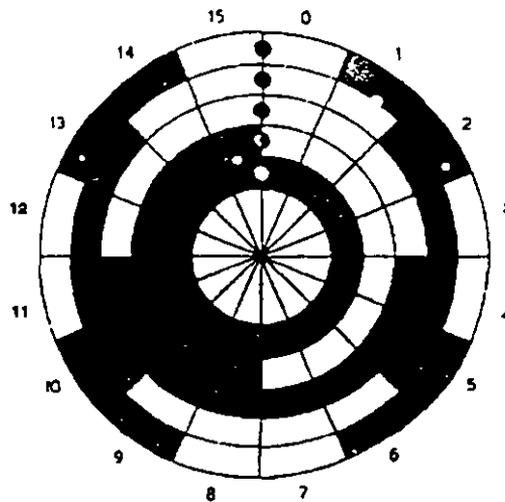


Figura 1

- b) Transductores de posición numéricos del tipo incremental, llamados codificadores incrementales y son el objetivo de estudio de esta práctica. En estos no se tiene una referencia para todos los puntos, sino que cada posición constituye un origen para el siguiente punto.

El principio de funcionamiento de los codificadores incrementales se basa en proporcionar en su salida una serie de pulsos, donde cada pulso corresponde a un desplazamiento mecánico, que puede ser de un disco o una varilla, para desplazamientos angulares o lineales respectivamente.

<sup>1</sup> Para más detalles sobre estos transductores, ver la Práctica de Aceleración y Velocidad.

Tanto el disco como la varilla están divididos en sectores equidistantes y girando (o desplazándose) delante de un dispositivo de lectura fijo produce una señal eléctrica en correspondencia con cada sector. La figura 2 muestra los elementos móviles, angular y lineal del codificador incremental.

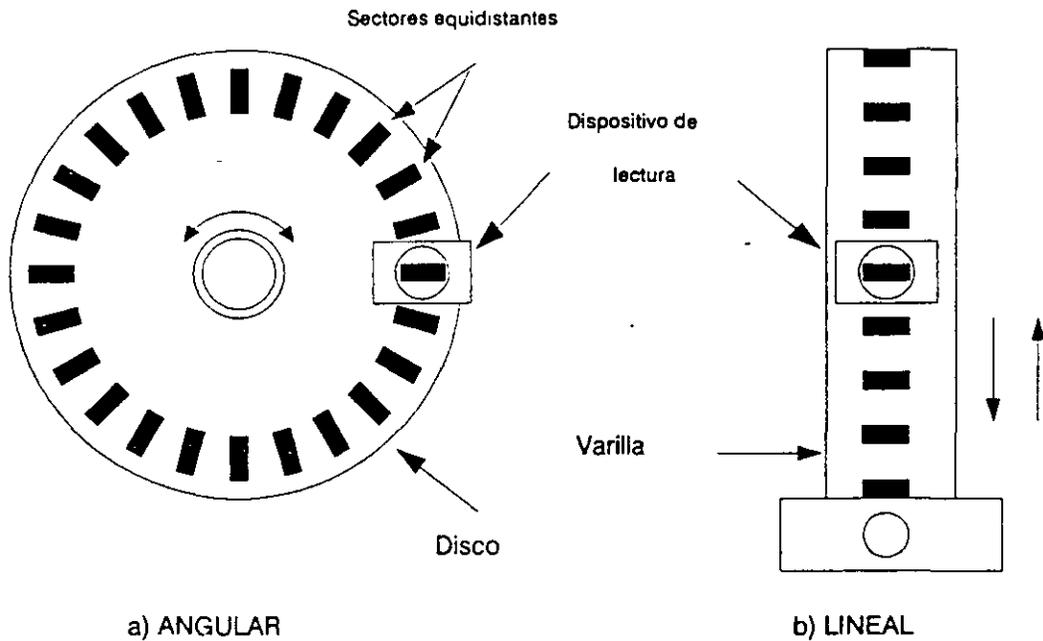


Figura 2

Los codificadores incrementales se acoplan a un contador para obtener una señal proporcional a la posición registrada, de esta forma la señal puede expresarse en forma digital siendo los pulsos de salida de forma cuadrada. Sin embargo, no se logra lo anterior con el dispositivo de lectura por lo que se tiene que incluir un cuadrador de señal después del de lectura.

Los codificadores incrementales más usados utilizan dispositivos de lectura fotoeléctricos. En este caso el disco (o la varilla) está constituido por sectores opacos que se alternan con sectores transparentes.

El dispositivo de lectura está compuesto por un par emisor de luz - detector de luz (un led y un fototransistor) colocados como se muestra en la figura 3.

Cuando un sector transparente se intercala entre la fuente luminosa y el detector de luz, la señal que se obtiene a la salida del detector es máxima, contrariamente, cuando se interpone un sector opaco la salida es mínima. En las posiciones intermedias se obtienen valores de iluminación del detector también intermedios, por lo que la onda de salida es senoidal.

Para obtener una señal numérica, del tipo 1/0 a partir de la señal senoidal se utiliza un circuito cuadrador que proporcione una salida numérica de 1 cuando se pase por un sector transparente, y un 0 cuando pase por un sector opaco.

El sistema de lectura del codificador utilizado en la práctica consta de dos discos, uno fijo y el otro móvil, y tres emisores-detectores, esto con el fin de poder tener mayor discriminación de los sectores transparentes y opacos. La disposición esquemática es la que se muestra en la figura 4.

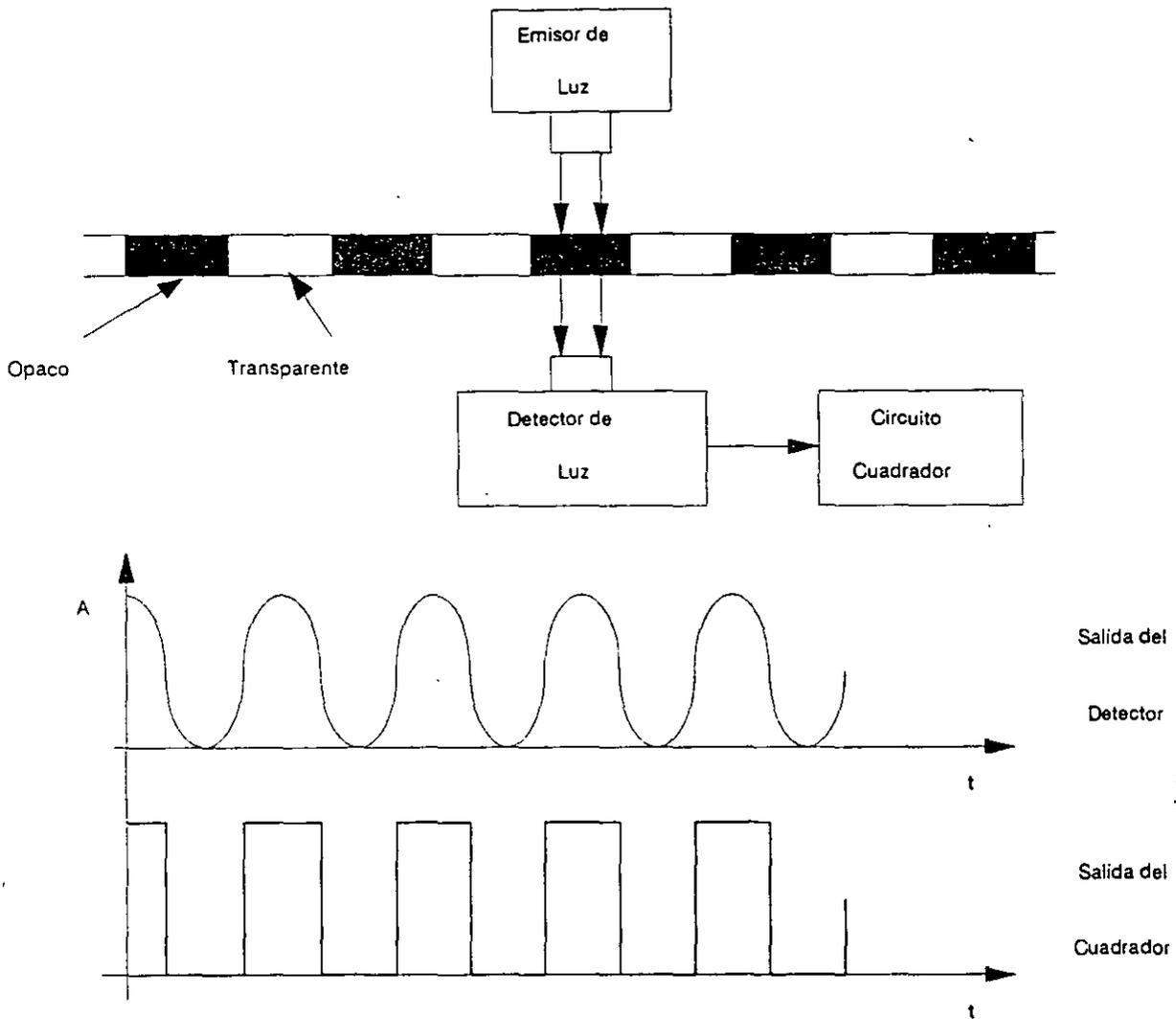


Figura 3

El par emisor-detector 1 se utiliza de referencia, ya que los sectores opacos y transparentes quedan alineados en ambos discos, proporciona 250 pulsos por revolución. Con el par 2 se obtiene una señal defasada  $90^\circ$  con respecto al par 1, esto es, si la señal 2 está atrasada con respecto a la señal 1  $90^\circ$ , corresponderá a un sentido de rotación horario y viceversa; y el par 3 suministra un pulso por cada revolución cuando el sector transparente del disco móvil coincide con el correspondiente del disco fijo.

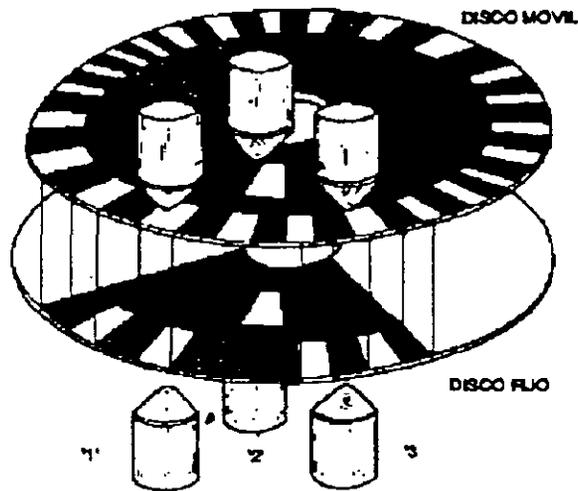


Figura 4

### DESCRIPCION DEL EQUIPO

El codificador incremental completo consta básicamente de dos partes: la parte mecánica, que corresponde al sistema de pares emisor-detector, cuyo principio de funcionamiento se detalló anteriormente, y la parte electrónica que corresponde al circuito de control y visualización (módulo etiquetado F09) que se muestra en la figura 5.

Para su funcionamiento se debe conectar el codificador al conector *Encoder* del módulo F09. El sistema también puede o no conectarse directamente a una computadora a través de los puertos *Computer A/B* y *Computer C/D* para procesamiento y análisis de datos.

Dependiendo de las conexiones realizadas, el módulo F09 realiza tres funciones principales que son:

- Acondicionador de señal para el transductor de posición angular.
- Frecuencímetro.
- Determinación de la velocidad de un motor de cc.

En la figura 6 se muestra el diagrama de bloques del módulo F09, el cual consta de tres grupos fundamentales:

- De interfase con el codificador
- De conteo y visualización
- De oscilador - base de tiempos.

### Interfase con el codificador

Los pulsos provenientes de los pares emisor-detector del codificador llegan a los puntos *CH A*, *CH B* y *CH R*, con una amplitud de 12 V (compatibles CMOS) los cuales son filtrados mediante un filtro paso bajas y posteriormente pasan a un circuito cuadrador.

A la salida del filtro-cuadrador se tiene por un lado, un sistema de conversión CMOS/TTL que convierte las señales del codificador en TTL compatibles y permite enviarlas a la computadora, y por otro lado a los tres circuitos siguientes:

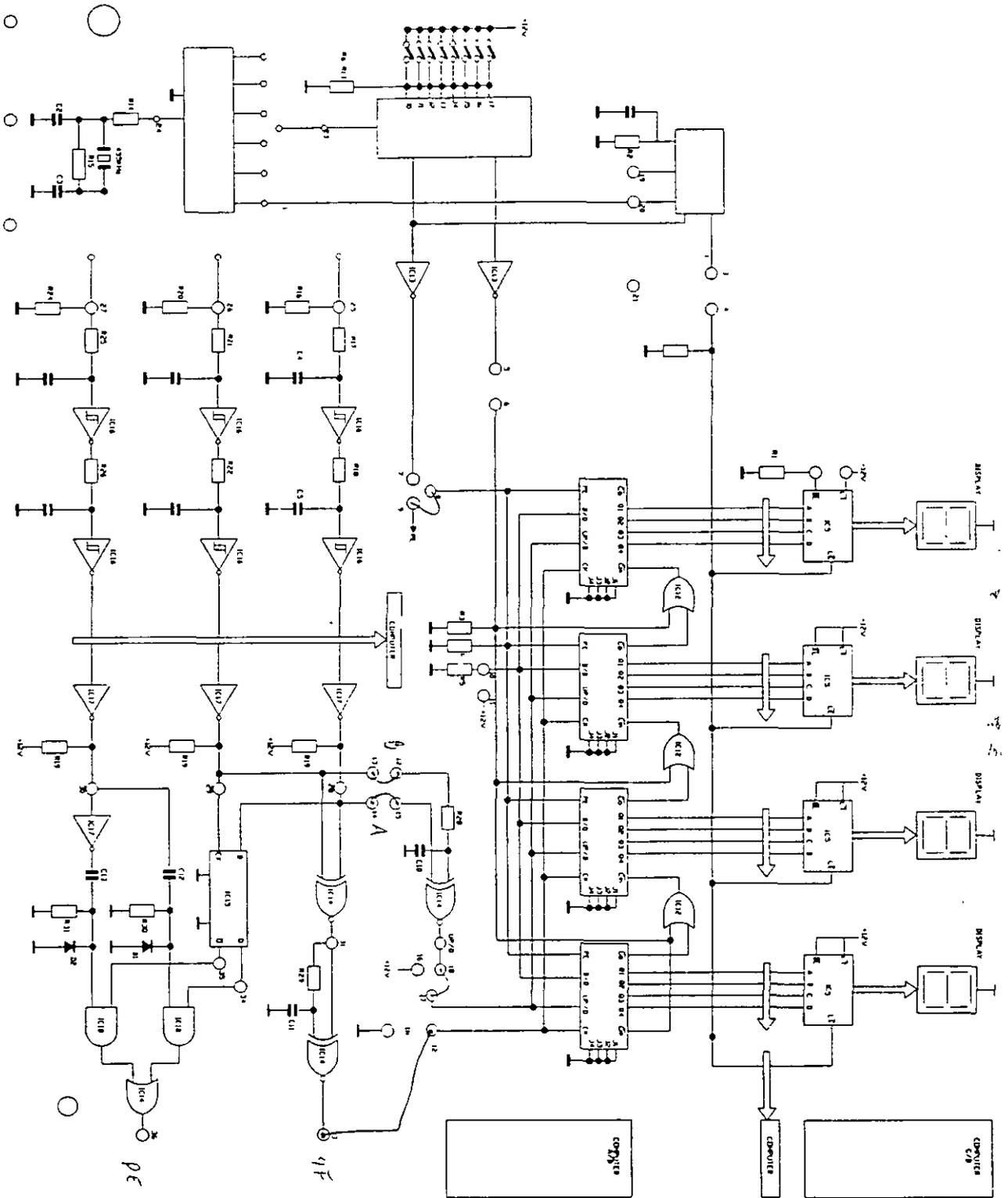


Figura 5

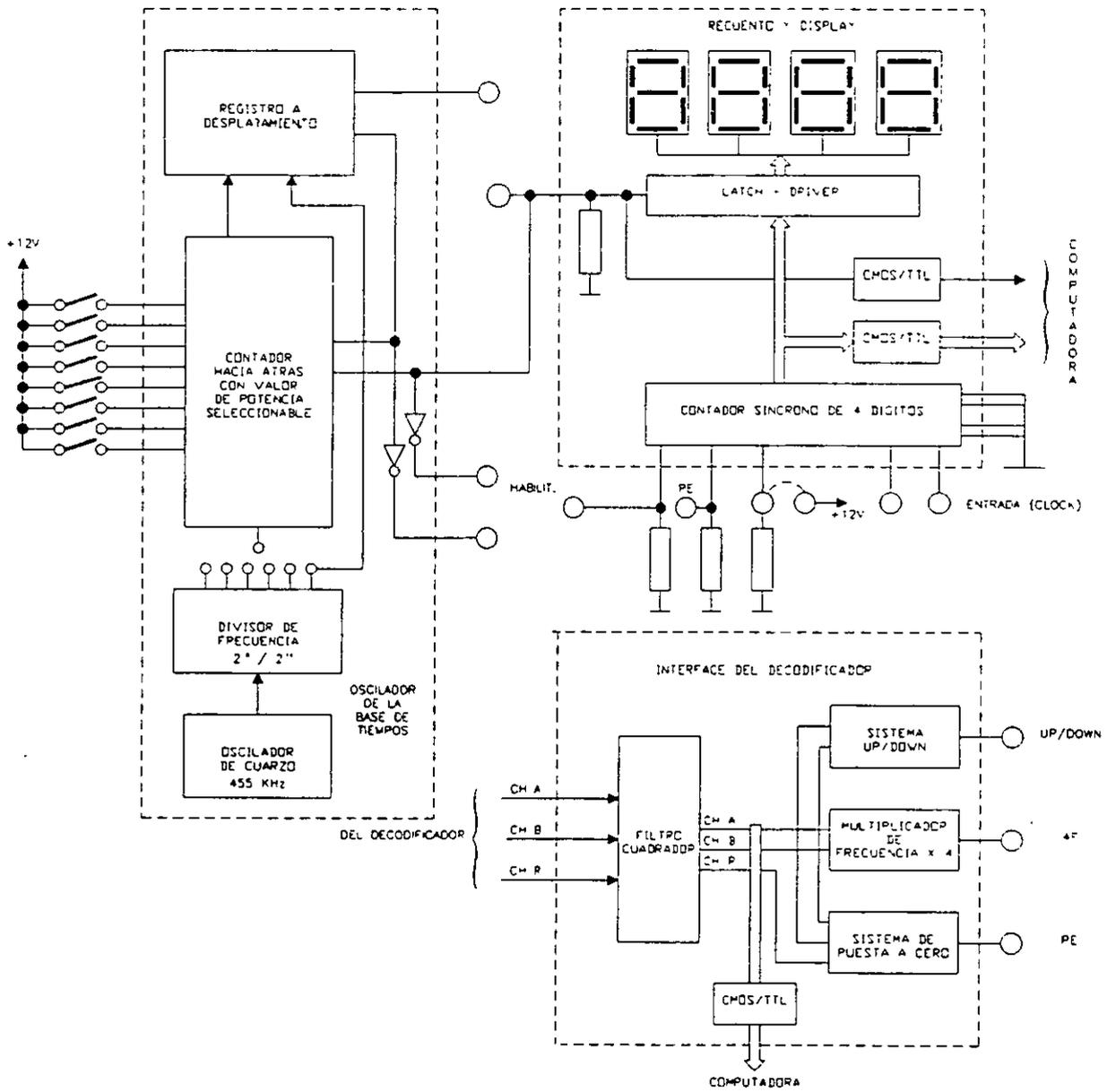


Figura 6

**Multiplicador de frecuencia.** Este multiplica por cuatro el número de pulsos de las señales *A* y *B* que provienen del codificador, por lo que aumenta su resolución. En el borne 31 se tendrá una señal de frecuencia doble y en el borne 33 una frecuencia cuádruple con respecto a la del codificador.

**Conteo UP/DOWN, hacia adelante y hacia atrás (sentido de rotación).** Este circuito activa el sentido de rotación. En un sentido, conectando la señal *A* mediante los bornes 14 a 15 y la señal *B* a través de los bornes 12 a 13; y en el otro sentido, cruzando la conexiones, es decir, la señal *A* del borne 14 al 13 y la señal *B* del borne 12 al 15. La señal hacia arriba o hacia abajo se tendrá en el borne 18.

**Señal de posición de cero (Reset) del codificador.** A partir de la señal *CH R* se genera un pulso positivo cuando el codificador pasa por cero. En el borne 36 se tiene un pulso positivo *PE* cada vez que el codificador pasa por cero.

### Conteo y Visualización

Este circuito tiene la función de contar y presentar los pulsos provenientes de los circuitos de interfase del codificador. Este grupo está constituido por cuatro contadores síncronos (IC2, IC4, IC6 e IC8) conectados en paralelo, en configuración de reloj. A través de IC8 se aplican los pulsos provenientes del borne 33 correspondientes a 4F o de una fuente externa en el caso de que se utilice como frecuencímetro. El conteo se realiza hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la conexión, a través del borne 18 a 17.

Si se utiliza como frecuencímetro o medidor de velocidad, el conteo tiene que ser positivo, por lo que un voltaje de +12V se aplica a la entrada del circuito de conteo, es decir, se conecta el borne 16 a 17.

El conteo normal se realiza en modo decimal (BCD), sin embargo, si se aplica un voltaje de +12V a la entrada B/D de los contadores, éstos contarán en binario (hexadecimal), conexión borne 10 a 11.

Si en las entradas *PE* de los contadores (borne 8) se les aplica un voltaje lógico 1, los contadores cargan el dato de dígito cero.

Con una señal de valor lógico 0 a la entrada  $\overline{CI}$  de los contadores (borne 6) se habilita el conteo en los contadores conectados en cascada.

Las salidas de los contadores pasan por un lado a un sistema de decodificación que sirve para el control del display de 7 segmentos y por otro lado a un sistema de conversión CMOS/TTL para poder enviar los datos a una computadora.

Cuando las entradas  $\overline{LE}$  del circuito de decodificación (borne 4) están a un potencial bajo, los datos pasan directamente a los despliegues.

### Oscilador - Base de tiempos

Cuando se utiliza el módulo F09 como frecuencímetro o como medidor de velocidad de un motor de c.c., se requiere de una base de tiempos, es decir, una señal que habilite el conteo en un cierto tiempo establecido previamente, de una señal de almacenamiento de datos y de reset de los contadores.

La base de tiempos se obtiene mediante un oscilador el cual es controlado por un cuarzo Q que funciona a la frecuencia de 455 kHz. La salida del oscilador pasa a un divisor de frecuencia cuyas salidas se obtienen con la siguiente relación:

$$f_{Qn} = \frac{f_Q}{2^n}$$

donde:  $f_Q$  es la frecuencia del oscilador, 455 KHz

$$n = 8, 9, \dots 14$$

Para  $n=8$

$$f_{Q8} = \frac{f_Q}{2^8} = \frac{455 \cdot 10^3}{256} = 1777.3$$

La frecuencia requerida se obtiene del divisor mediante un puente físico colocado en la parte posterior del panel, para enviarse posteriormente a un contador IC10 cuya salida CO/ZD se transfiere a Q1 del registro de desplazamiento IC9.

En el borne 24 se tiene la frecuencia del oscilador y en el borne 23 la salida del divisor de frecuencia.

Las salidas del contador y del registro de desplazamiento son comandos de control para la transferencia de datos de los drivers a los displays.

El contador cuenta hacia atrás a partir del valor preseleccionado en los interruptores a fin de obtener el tiempo de muestreo  $T_m$ , el cual se desea sea lo mas alto posible.

El tiempo de muestreo se obtiene de la siguiente relación:

$$T_m = \frac{C}{f_{Qn}}$$

donde:  $C$  es el valor inicial del contador fijado en los interruptores.

$f_{Qn}$  es la frecuencia a la salida del divisor de frecuencias.

La Tabla 1 muestra los diferentes parámetros para la medición de frecuencia externa. Para otras frecuencias de la base de tiempos, el valor del contador se determina a partir de la ecuación anterior, fijándose un determinado tiempo de muestreo.

Tiempo de Muestreo (seg)	Frecuencia (Hz)	Conexión del Puente	Valor del Contador	Rango de Medida (Hz)
1.0	111.1	Q12	111	10 - 999
0.1	887.7	Q09	89	100 - 9999
0.1	1777.3	Q08	178	100 - 9999

Tabla 1

## OBJETIVOS

- Conocer los diferentes tipos de transductores de posición angular y en especial el codificador incremental.
- Analizar el acondicionador de señales del transductor utilizado.
- Utilizar el codificador como contador
- Obtener la precisión del codificador.
- Utilizar el acondicionador como medidor de velocidad angular y de frecuencia.

## EQUIPO Y MATERIAL

- Unidad F09 y TYF09
- Fuente de alimentación PS1
- Frecuencímetro
- Osciloscopio
- Transductor de aceleración y velocidad, unidad G28 y TY28
- Motor de 12 V
- Cables de conexión

## DESARROLLO

### EXPERIMENTO 1. ANALISIS DE LAS SEÑALES CODIFICADOR - INTERFACE

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (sin encenderla).
  - Hacer las conexiones indicadas en la figura 7.
  - Conectar el codificador mediante el cable apropiado al conector *ENCODER* del módulo F09.
  - Verificar las conexiones y encender la fuente.
  - Variar la posición de codificador en sentido horario y observar en el osciloscopio las señales en los bornes indicados en la Tabla 2, e indicar las características de la señal obtenida en cada uno de los bornes.
-

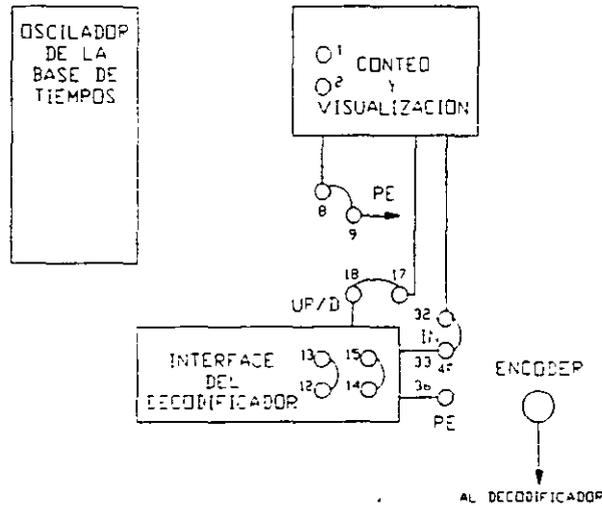


Figura 7

Canal A	Canal B
28	29
28	30
28	31
28	33

Tabla 2

**EXPERIMENTO 2. OPERACION DEL CONTADOR-VISUALIZADOR**

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (sin encenderla).
- Conectar el codificador mediante el cable apropiado al conector *ENCODER* del módulo F09.
- Hacer las conexiones indicadas en la figura 7, excepto que se desconecta el borne 18 del 17.
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Hacer girar el codificador y observar el conteo en el display cuando se conecta a +12V el borne 17 y cuando se conecta a tierra el borne 17.
- Conectar ahora los bornes 12 - 15 y 13 - 14. Volver a observar el conteo.
- Conectar los bornes indicados en la Tabla 3 y observar e indicar el efecto que repercute en la visualización.

Bornes de Conexión	Función que Realiza
1 - 2	-
1 - 4	
1 - 6	
1 - 8	
10 - 11	

Tabla 3

### EXPERIMENTO 3. PRECISION DEL CODIFICADOR

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (sin encenderla).
- Conectar el codificador mediante el cable apropiado al conector *ENCODER*.
- Hacer las conexiones indicadas en al figura 7, pero desconectar los bornes 8 - 9 y conectar ahora el 1 - 2.
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Poner el indicador en cero, mediante la conexión momentánea del borne 8 al 11.
- Girar el codificador en sentido horario, 9 revoluciones exactamente y anotar la lectura del display.
- Volver a poner el indicador en cero y girar nuevamente el codificador en sentido antihorario, 9 revoluciones exactamente y anotar la lectura del display.

### EXPERIMENTO 4. MEDICION DE FRECUENCIA

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (sin encenderla).
- Hacer las conexiones de la figura 8. Seleccionar la frecuencia de 1778 Hz en la base de tiempos y fijar los interruptores del contador en el número 178.

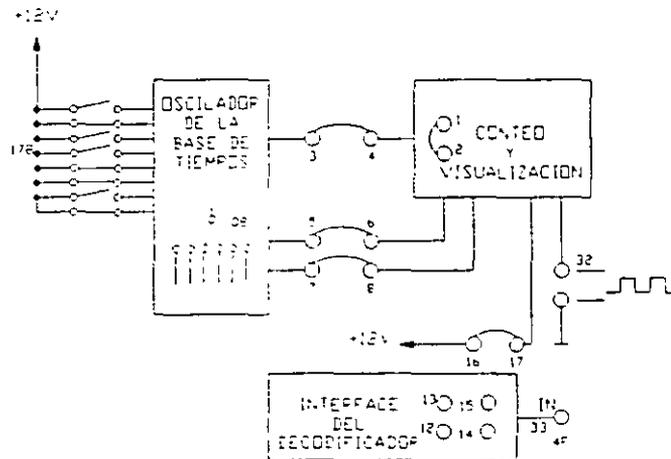


Figura 8

- Aplicar al borne 32 una señal cuadrada de amplitud +10V (con nivel de cc para que siempre sea positiva) y frecuencia de 5000 Hz
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Anotar la lectura del display

- Colocar el puente en Q12 y los interruptores del contador en 111.<sup>2</sup>
- Registre la lectura del display.
- Verificar la operación del módulo F09 como frecuencímetro variando la frecuencia del generador de 0 Hz hasta la máxima frecuencia que se pueda medir. Puede utilizar un frecuencímetro como instrumento patrón.
- Determine la posición del puente y el valor de los interruptores del contador para medir una frecuencia de 40,000 Hz y verificar la lectura.

**EXPERIMENTO 5. MEDICION DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CC<sup>3</sup>**

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 y 0-24 Vcc, ±12 Vcc y tierra del módulo G28 a una fuente de alimentación (sin encenderla). La fuente de 0-24 Vcc debe estar en 0V, es con la que se varía la velocidad del motor.
- Conectar el tacogenerador TY20 al acondicionador correspondiente mediante el cable apropiado.
- Fijar el valor de los interruptores en 111 y colocar el puente en Q12 que corresponde a una frecuencia de 111.1 Hz.<sup>2</sup>
- Hacer la conexiones de la figura 9, conectando en el borne 32 la salida CMOS del módulo G28 del motor de CC.

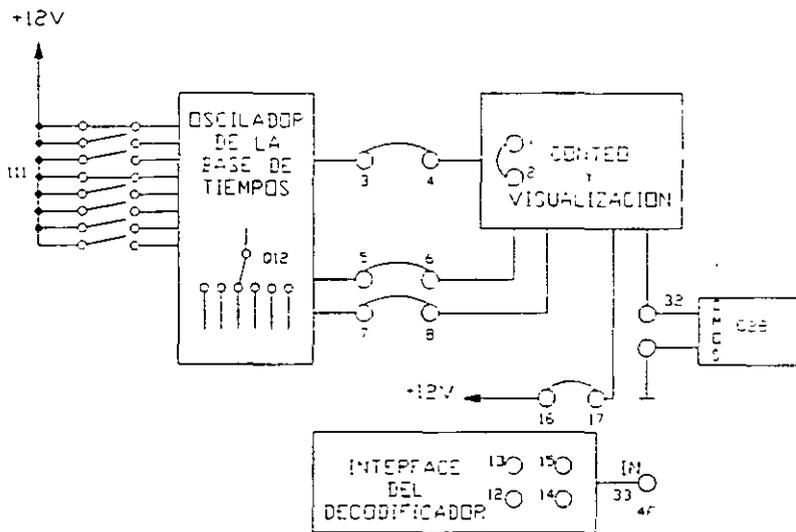


Figura 9

- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Incrementar el voltaje de la fuente (0-24 Vcc) y medir el correspondiente valor de velocidad angular.

2 Si la salida de frecuencia de la base de tiempos no corresponde a la indicada, medirla y determinar el nuevo valor de los interruptores.  
 3 Para realizar esta práctica es conveniente haber realizado la Práctica de Transductores de Aceleración y Velocidad

- 
- Cambiar el valor de los interruptores a 178 y el puente a Q8 (frecuencia de 1778 Hz)<sup>3</sup>.
  - Repetir las variaciones de voltaje con las correspondientes en velocidad y observar las diferencias en ambos casos.

### ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

1. Obtener en la medida de lo posible el diagrama de tiempos de las señales observadas en la Tabla II, indicando las características de cada una de ellas así como la función que realiza.
2. Explique como opera el contador-visualizador, indicando que función realizan las conexiones 12 - 13, 14 - 15, así como la señal UP/DOW.
3. Con base a las lecturas del experimento III determinar la precisión del sistema de posición y compararlo en los dos casos medidos.
4. ¿El sistema configurado como frecuencímetro se puede utilizar para la medición de señales con características diferentes a las utilizadas en la señal observada? Justifique su respuesta.
5. Al utilizar el módulo F09 como frecuencímetro, ¿Cuál fue el rango de operación y la precisión obtenida? ..
6. ¿Cuál fue la posición del puente de la base de tiempos y el valor de los interruptores para medir la frecuencia de 40,000 Hz ?
7. ¿Por qué es mejor tener un tiempo de muestreo alto ?
8. ¿Cuál es el tiempo de muestreo más bajo y más alto que se puede obtener con el oscilador e interruptores disponibles?
9. ¿Cuál fue la diferencia al cambiar la frecuencia e interruptores al medir la velocidad del motor?
10. Describa un sistema a nivel de diagrama de bloques en el que se pueda utilizar un codificador incremental.

# TRANSDUCTORES DE CAUDAL Y NIVEL

## TRANSDUCTORES DE CAUDAL

La medición del movimiento de los fluidos tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde mediciones del flujo de la sangre hasta complejos sistemas industriales.

El movimiento de fluidos, caudal o gastos puede ser medido en unidades de volumen de masa en varias dimensiones, esto es, pulgadas cúbicas por minuto (in<sup>3</sup>/min), centímetros cúbicos por minuto (cm<sup>3</sup>/s); o bien, en unidades de masa, es decir, galones por minuto (gpm), libra masa/min, gramos/s, etc.

### Fluxómetros basados en la presión relativa o diferencial.

Estos medidores determinan la presión diferencial en una restricción al flujo. La presión se puede relacionar con la fuerza por unidad de área y la carga se convierte en una función de la velocidad de flujo y la densidad del medio fluyente. Estos medidores se subdividen en los siguientes:

- Placa de orificio
- Tubos Venturi
- Toberas
- Tubos Pitot
- Los fluxómetros de codo

**Placa de orificio.-** Son elementos de estrechamiento que más se utilizan para medir el caudal de líquidos y de gases. Van montados en los conductos en una posición perpendicular a la dirección del flujo. Se clasifican de acuerdo a la posición del orificio, como se muestra en la figura 1, y son:

- a) Placa de orificio concéntrico, la cual tiene el orificio en el centro de la placa. Se utiliza frecuentemente por su simplicidad, bajo costo y facilidad de instalación.
- b) Placa con el centro del orificio situado debajo del eje los cuales se usan generalmente para los fluidos que transportan sedimentos.
- c) Las que tienen el centro del orificio situado arriba del eje, éstos se emplean cuando sobre circulan vapores sobre los fluidos.
- d) Diafragmas con el orificio segmentado los cuales se usan frecuentemente para líquidos muy turbios, para gases y vapores que contengan líquidos. La medición se realiza mediante dos tomas situadas antes y después del orificio y medir las presiones en cada sección y mediante un transmisor de presión detectar la diferencia entre ambas presiones como se muestra en la figura 2.

Sin embargo, las placas de orificio no son prácticas para los líquidos fangosos o muy turbios esto se debe a la acumulación de sedimentos y el desgaste de los mismos orificios.

**Tubos Venturi.-** Se usan generalmente para líquidos. Sin embargo, pueden emplearse para medir caudales de gas cuando se desee no perturbar demasiado la presión o cuando las partículas en suspensión amenacen con crear problemas.

Están constituidos por una estrechamiento central y dos secciones cónicas empalmadas con el conducto, en donde la velocidad del fluido es mayor en la parte central.

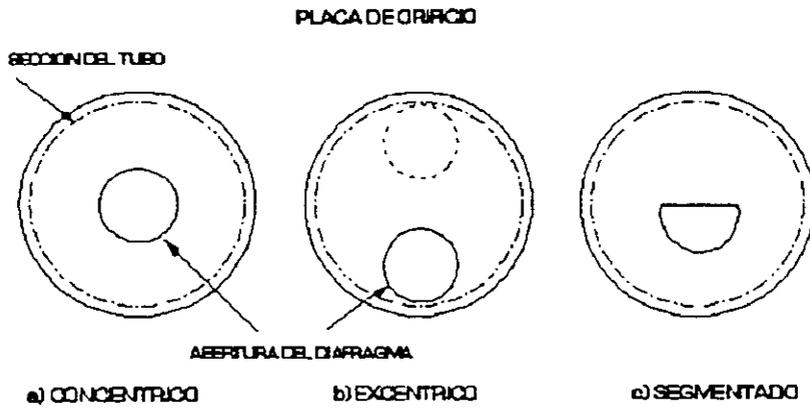


Figura 1

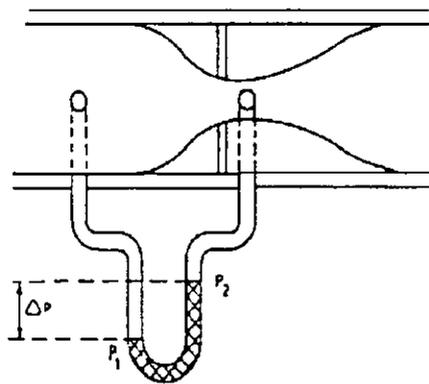


Figura 2

La presión diferencial se mide a través de dos tomas situadas en la sección de entrada y la parte central, como se indica en la figura 3.

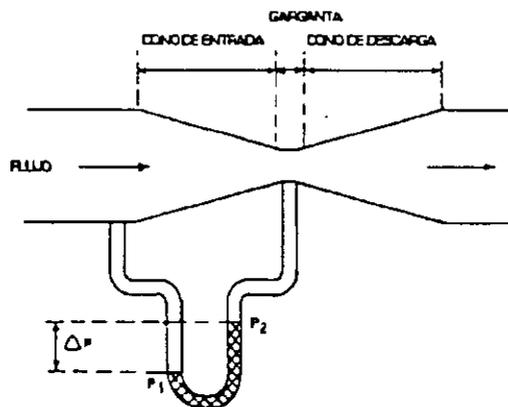


Figura 3

**Toberas.**- Es un dispositivo con un estrechamiento de forma casi o totalmente elíptica que termina tocando la pared interior del tubo de flujo. Las tomas para la medición de presión diferencial se ubican antes y después de la sección de entrada de la tobera, según se indica en la figura 4.

Se usan principalmente para medir caudal de vapores y de otros fluidos de alta velocidad.

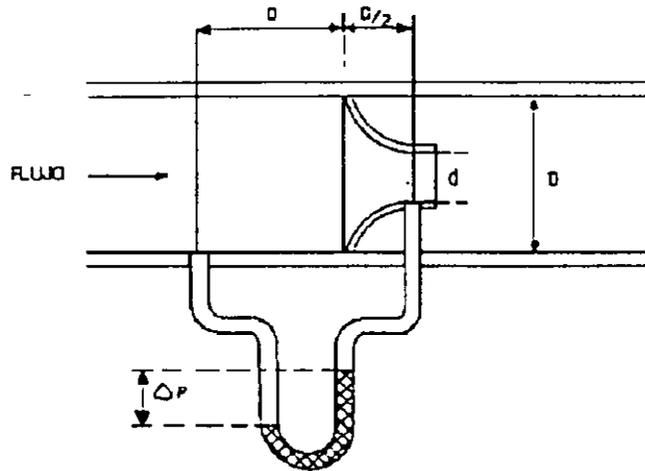


Figura 4

**Tubos Pitot.**- Consisten en una sonda cilíndrica que se introduce directamente en el fluido en movimiento.

La velocidad del flujo sobre la superficie expuesta de la sonda se reduce a prácticamente cero. Mediante dos pequeños agujeros en la sonda se obtiene la presión diferencial entre la presión de impacto y la estática. La figura 5 muestra la colocación en el conducto.

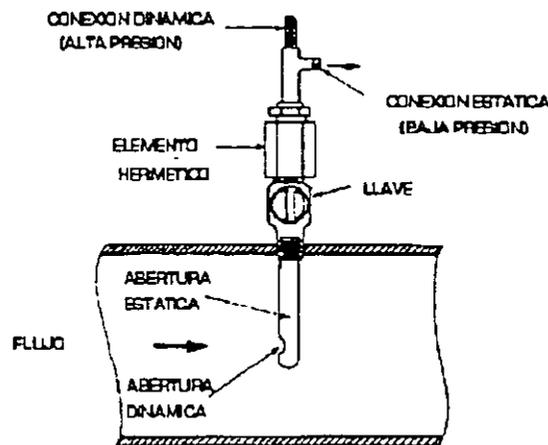


Figura 5

Tiene aplicaciones en los conductos de vapor, en las chimeneas y en las instalaciones de seguridad.

**Fluxómetros de codo.**- Funcionan sobre la base del principio de inercia que establece que para variar la dirección de un fluido en movimiento es necesario una fuerza. Dicha fuerza es proporcionada por la presión continua sobre las superficies interior y exterior del codo.

Por lo tanto para medir el caudal del fluido basta colocar dos tomas en el codo y calcular la presión diferencial existente entre la superficie del radio menor y la de radio mayor, la figura 6 muestra dicha colocación.

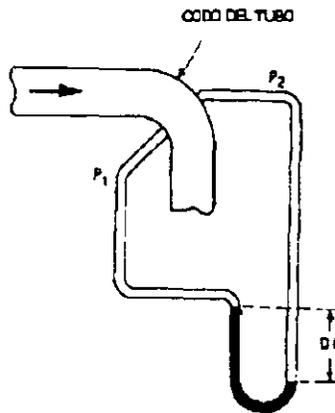


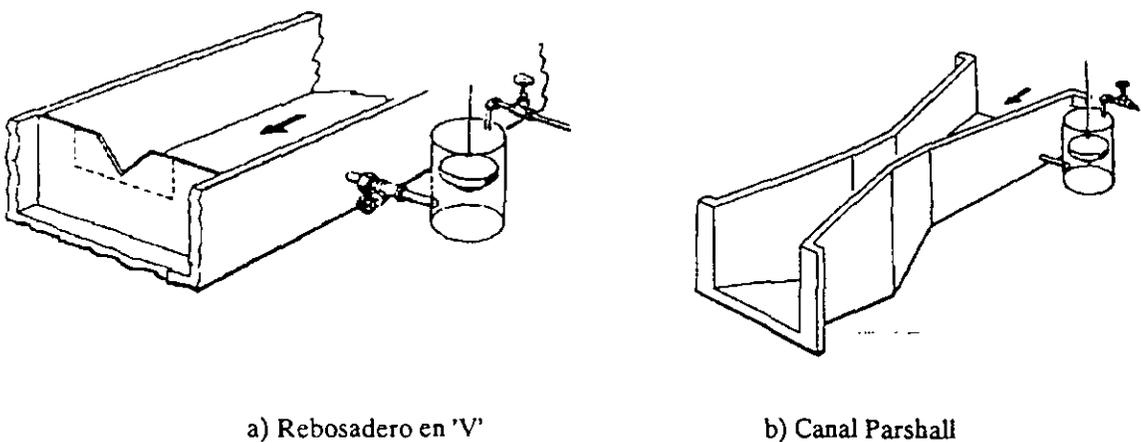
Figura 6

**Rebosaderos (vertedores) y canales.**

En los rebosaderos se provocan una elevación del nivel o la altura del líquido en movimiento con base en el cual se mide el caudal. Se utilizan en los sistemas hidráulicos para riegos agrícolas, en desechos industriales y en los sistemas de depuración.

El gasto se determina midiendo la carga de agua por encima del punto mas bajo de la abertura del rebosadero, mediante un flotador instalado en una caja que forma parte de la estructura total.

Los canales Parshall se auto limpian y funcionan con una pequeña pérdida de carga. Se utilizan cuando hay arena, cascajo ó sólidos pesados en la corriente del flujo a medir. La figura 7 muestra la disposición de estos dispositivos.



a) Rebosadero en 'V'

b) Canal Parshall

Figura 7

### Flujómetros de abertura variable: Rotámetros.

Son dispositivos de abertura variable que miden el flujo continuo de un fluido a través de un tubo cónico vertical (cuyo orificio es variable) en cuyo interior lleva alojado un flotador; éste se mueve hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la intensidad de flujo. Si el rotámetro es transparente el caudal puede leerse directamente sobre una escala graduada en el mismo tubo. Esto se muestra en la figura 8.

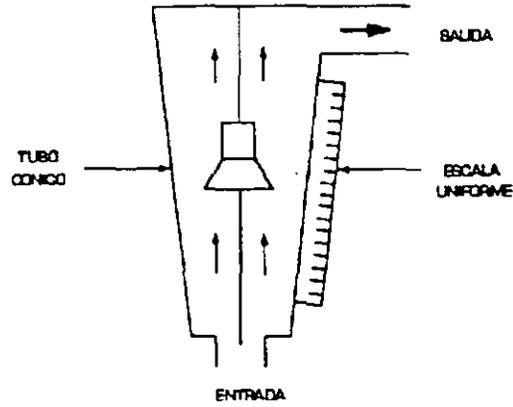


Figura 8

### Flujómetro magnético.

Se basa en la ley de Faraday o de la inducción magnética. Este fluxómetro, ilustrado en la figura 9, no tiene obstrucciones y está constituido por un tubo no magnético en el que corre el líquido conductor. Alrededor del tubo hay unas bobinas magnéticas que al excitarse generan un campo magnético a lo largo de todo el tubo.

Moviéndose en este campo magnético, el líquido genera una tensión detectada mediante dos electrodos proporcional a la velocidad del flujo.

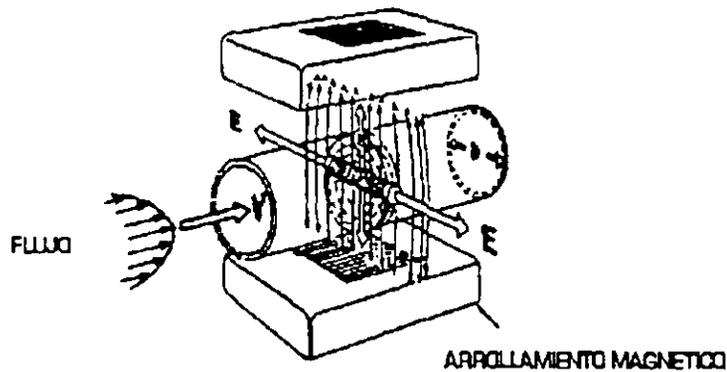


Figura 9

**Flujómetro de masa.**

Estos flujómetros miden directamente el peso del flujo y no su volumen.

Una clasificación general de estos medidores incluye:

- Métodos indirectos
- Métodos Directos

En los primeros se hace uso de algún tipo de medidor de volumen, un medio para medir la densidad y calcular el gasto de masa.

Los métodos directos operan con base en el principio de la conservación de la cantidad de movimiento angular.

El principio de funcionamiento para el medidor de flujo de masa de flujo axial, consiste en guiar un impulsor a una velocidad angular constante para que éste genere un momento angular en el fluido que se mide. Conforme sale del impulsor, la velocidad de cambio en la cantidad de movimiento angular dentro del fluido es proporcional a la velocidad de éste y a la masa nominal del flujo. El diagrama de bloques se muestra en la figura 10.

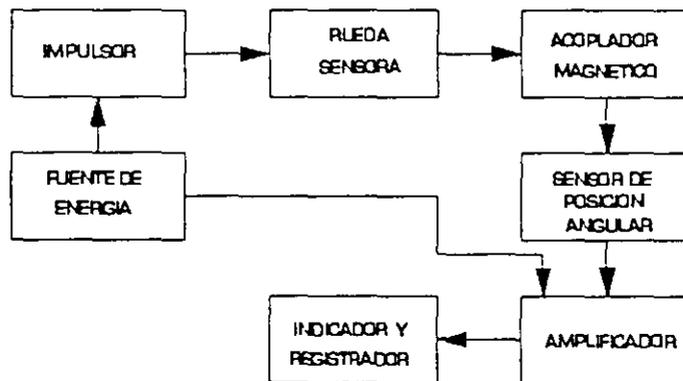


Figura 10

Otros medidores que utilizan el principio de momento angular en diferentes formas son: el medidor giroscopio vibrante, el medidor de Coriolis, el medidor giroscopio rotante, el medidor de tubo-S.

**Flujómetro de tipo oscilante.**

Existen básicamente tres tipos de flujómetros oscilantes que son:

- Los de precesión de vértice
- Los de estela vortiginosa
- Los fluidicos.

El primero se basa en el principio de la precesión de vértice, la cual se produce cuando un fluido que se haya en rotación entra en un ensanchamiento, la frecuencia del movimiento de precesión (de 50 a 2000 Hz) es proporcional al caudal del fluido.

Los de estela vortiginosa se basan en un fenómeno hidrodinámico. Si la sección transversal del fluido es constante, la frecuencia de desprendimiento de los vórtices resulta directamente proporcional al caudal volumétrico del fluido. Poseen un amplio campo de funcionamiento pero no pueden usarse en régimen del tipo laminar.

En lo que respecta a los fluídicos, el campo del medidor es un oscilador fluídico cuya frecuencia varía de modo lineal con el caudal volumétrico. El resultado es una oscilación continua autosostenida frecuencia está vinculada de modo lineal a la velocidad del líquido y en consecuencia al caudal volumétrico (para las bajas viscosidades).

#### Fluxómetros sónicos y ultrasónicos.

Los dispositivos ultrasónicos pueden usarse para medir caudales en canales abiertos y cañerías. Los que se utilizan en cañerías pueden subdividirse en 2 tipos:

- Por impulsos (tiempos de ida y vuelta).
- Por desplazamiento de frecuencia (efecto Doppler).

Los dos tipos tienen un transductor (generador/receptor de ultra sonidos) el cual opera en la parte ultrasónica más baja del espectro para minimizar la absorción. Los fluxómetros de impulsos se utilizan solo en los líquidos puros, se les puede fijar en un tubo o se puede utilizar un par de transductores en contacto con el fluido que circula en dicho tubo, como se muestra en la figura 11.

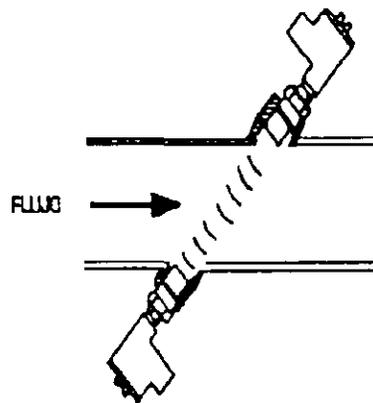


Figura 11

La energía ultrasónica se transmite en el mismo sentido y en sentido contrario al fluido. La diferencia existente entre los tiempos de transmisión esta vinculada a la velocidad del líquido.

Los fluxómetros Doppler son dispositivos que funcionan dentro del margen de frecuencias comprendido entre 100 y 1500 Hz. Estos envían un sonido continuo de frecuencia fija y detectan la diferencia de frecuencias de la señal de retorno.

La variación de estas frecuencias, depende de la velocidad de las partículas líquidas y esta vinculada al caudal.

Estos fluxómetros se pueden fijar exteriormente o ponerse en contacto con el fluido.

**Fluxómetros de objetivo.**

Los fluxómetros de objetivo son la combinación de un abertura anular con un transductor de equilibrio de fuerzas. En la figura 12 se muestra el diagrama esquemático de éste medidor.

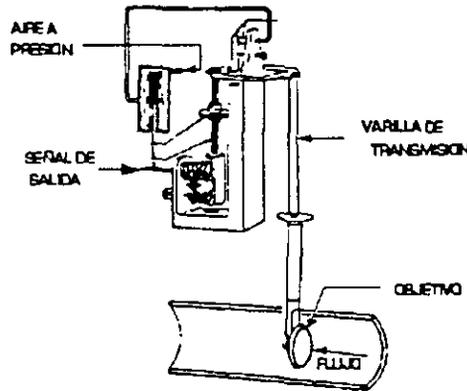


Figura 12

En su salida presenta una señal eléctrica o neumática proporcional al cuadrado del caudal que debe medirse. El orificio anular está formado por un disco fijado en el centro de la sección tabular, cuyo diámetro es igual al tubo por donde circula el fluido. El flujo (a través de la corona circular) genera sobre el disco un empuje que es proporcional a la altura cinética y en consecuencia, al cuadrado del caudal.

Se utilizan principalmente para mediciones difíciles como las de caudal de materiales calientes, aceitosos y con sedimentos.

**Fluxómetro de Turbina.**

Este tipo de fluxómetro, que se emplea en la práctica, aprovecha el fluido en movimiento para hacer girar el rotor de una pequeña turbina hidráulica (generadora de pulsos) cuya velocidad de rotación varía con el caudal. La figura 13 indica la configuración de este tipo de medidor.

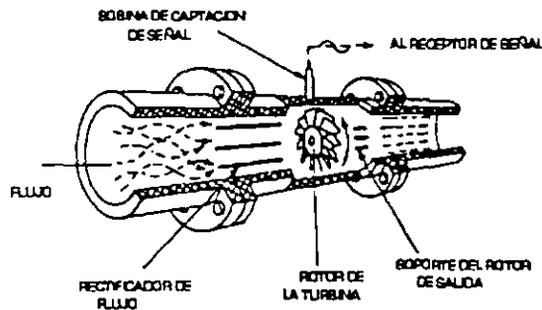


Figura 13

En una o en varias paletas de la turbina va colocado un imán permanente que al pasar cerca de un detector magnético de proximidad, hace que un contacto de éste último se cierre, generando pulsos de corriente o de tensión.

El caudal se mide contando el número e pulsos, generados en un cierto intervalo de tiempo, cada uno de los cuales corresponde con precisión a un determinado volumen del líquido desplazado entre dos paletas adyacentes del rotor.

Estos fluxómetros son muy difundidos por su gran campo de medición y por su comportamiento dinámico. Se usan principalmente para líquidos, aunque hay tipos específicos para gases y vapores.

Las características del medidor utilizado son las siguientes:

- Campo de trabajo: de 0.5 a 5 litros/min
- Constante k: 310 pulsos/litro
- Error referido a plena escala:
  - En el rango de 0.5 a 5 litros/min: 2%
  - En el rango de 0.1 a 0.5 litros/min: 5%

## TRANSDUCTORES DE NIVEL.

Los transductores de nivel se clasifican según el principio físico con que actúan.

Pueden funcionar basándose en alguno de los siguientes efectos:

- Empuje hidrostático
- Presión
- Capacidad eléctrica
- Mediante ultrasonido
- Flotador

### Detectores basados en la presión

Son los que se basan en que la presión en el fondo o en la pared de un recipiente que contiene líquido depende de la relación:

$$P = L \cdot S$$

donde:

- P = Presión
- L = Nivel del líquido
- S = Peso específico .

Estos medidores se limitan a presiones inferiores a 15 psi aproximadamente. Las ventajas de estos transductores residen en su elevada precisión y reproductibilidad, además de la comodidad y facilidad de instalación que los caracterizan.

### **Detectores basados en el empuje hidrostático.**

Este tipo de transductores se basan en el principio de que un cuerpo sumergido en un líquido es desplazado. Esto es, si aumenta el nivel del líquido, aumenta también la fuerza que ejerce un flotador sobre el resorte antagonista; el cursor de un potenciómetro se desplaza provocando una variación del voltaje el cual es proporcional al nivel.

Con estos dispositivos es posible obtener indicaciones de nivel dentro de un campo bastante amplio (de 2 a 3 metros).

### **Detectores basados en la capacidad eléctrica.**

Se basan en el principio que establece que la capacidad eléctrica existente entre un conductor colocado verticalmente dentro de un recipiente y las paredes metálicas de este último depende del nivel del líquido contenido, ya que la constante dieléctrica del condensador varía en función de dicho nivel.

Se emplean para indicaciones continuas, así como para determinar el nivel de materiales de llenado sólidos y líquidos. Sin embargo, este método tiene algunas limitaciones debidas a cambios de humedad, compactibilidad o temperatura, causando que la constante dieléctrica del material sufra variaciones.

Las ventajas de este dispositivo son la buena reproductibilidad, el fácil montaje de los puntos de medición así como la facilidad de mantenimiento.

### **Detectores basados en los ultrasonidos.**

Se basan en la reflexión sonora de la superficie de los materiales. Determinando el tiempo  $t$  transcurrido entre el instante en que se envía el pulso y el instante de recepción del eco, presentando una señal de salida con un valor proporcional al nivel.

Se emplean sólo con aquellos materiales cuya superficie presenta una buena calidad de reflexión. La ventaja de ellos es que no existe ningún contacto físico con el material.

### **Detectores con flotador.**

Estos detectores de nivel están constituidos esencialmente, por un transductor de posición (normalmente potenciómetro) accionado por un flotador que sigue el nivel del líquido.

Las características que debe presentar el transductor de posición son las siguientes:

- Una linealidad óptima
- Una derivada térmica baja
- Un par de accionamiento reducido.

### **Indicadores de nivel (alarmas de nivel).**

Los dispositivos que sirven para señalar cuando el contenido de un recipiente ha alcanzado un determinado nivel se les llaman indicadores de nivel o alarmas de nivel, debido a que generalmente accionan un dispositivo de alarma o un circuito de bloqueo. Entre los más utilizados para líquidos conductivos se encuentran el sistema basado en un circuito eléctrico cerrado entre un electrodo y el mismo líquido cuyo nivel se desea indicar.

---

Otro dispositivo típico de alarma de nivel es el interruptor accionado por un flotador. En este caso los interruptores pueden ser del tipo de final de carrera o magnéticos, siendo éste el que se utiliza en la práctica.

#### Indicador de nivel de tipo magnético.

Los interruptores magnéticos de nivel se basan en el principio de funcionamiento propio de los detectores magnéticos de proximidad, en los que existe un contacto de láminas que actúa dentro de un campo magnético generado por un imán permanente. Este tipo de contactos está constituido por dos láminas de material magnético (hierro- níquel) de baja reluctancia, encerradas en una envoltura de vidrio que las protege contra el polvo, la oxidación y la corrosión en general, lo que garantiza una prolongada duración del contacto que lo hace trabajar respetando sus características.

Este contacto ofrece un breve tiempo de conmutación (normalmente de 0.5 a 3 ms, incluyendo los movimientos de retroceso).

En los sensores de proximidad, el contacto de láminas se hace trabajar mediante un imán permanente cuyo campo, por efecto de la inducción magnética, genera polaridades de signo contrario en las láminas. De este modo se origina una fuerza de atracción con un valor tal que, si el campo es suficientemente intenso (o sea, si el imán se haya bastante cerca), logra vencer la resistencia elástica de las láminas, las cuales al doblarse realizan el contacto eléctrico.

En el caso de los interruptores de nivel el accionamiento se efectúa, generalmente, por medio de un imán en anillo, como se muestra en la figura 14.

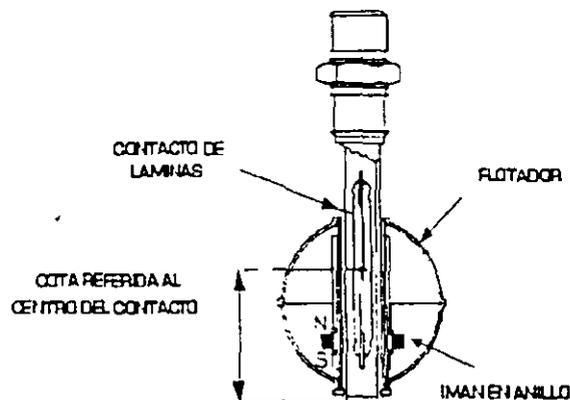


Figura 14

Al variar el nivel del líquido el flotador se desliza a lo largo de una varilla, la cual tiene incorporada un imán, que provoca un accionamiento del contacto de láminas situado en dicha varilla.

La posición del punto donde se cierra el contacto se llama cota de intervención de subida y la posición donde se abre el contacto se nombra cota de apertura en bajada.

Entre las dos opciones que asume el flotador cuando el contacto se cierra y cuando se abre existe una cierta distancia que se llama carrera diferencial. Esta distancia puede variar entre 2mm y 8mm.

Con base a las funciones que realizan, los contactos utilizados en los interruptores de nivel, pueden ser de los siguientes tipos:

- Normalmente abierto (NA)
- Normalmente cerrado (NC)
- De intercambio (S)

Es muy importante tener presente que las tensiones o las corrientes con valores superiores a los límites propios de los contactos provocan una sensible reducción de la vida eléctrica de los mismos, haciendo que se queden pegados o que se perforen. .

### DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo para medición de caudal y nivel está constituido básicamente de dos partes:

- Unidad MIL 30
- Acondicionadores de señal (de caudal y de nivel)

La unidad MIL 30 es un dispositivo mediante el cual es posible obtener y calcular caudales variables así como niveles hidráulicos.

Dicha unidad, mostrada en la figura 15, está constituida por dos depósitos para el líquido, conectados entre sí a través de un tubo en serie con el transductor del caudal, con una bomba y con un reductor de flujo (válvula de estrangulamiento).

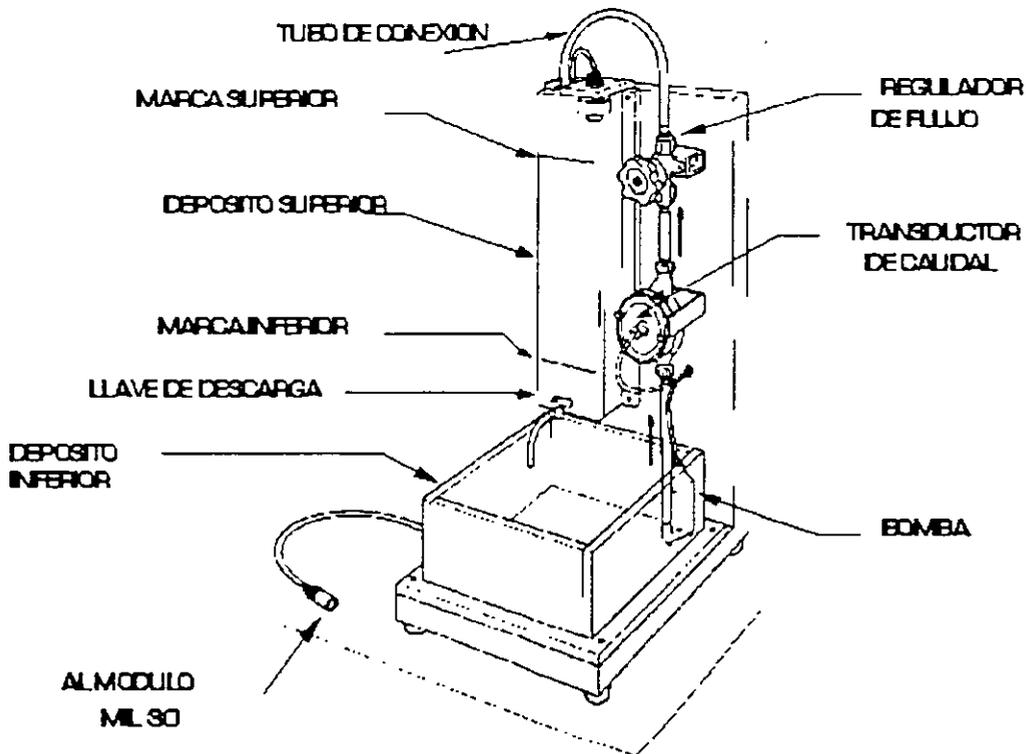


Figura 15

La bomba es del tipo centrífugo y es accionada por un motor de c.c. (12V - 1A). Al funcionar la bomba, el líquido pasa al transductor de caudal de turbina y de ahí a un regulador de flujo, y mediante un tubo de conexión entre los dos depósitos el nivel del depósito superior aumenta.

El volumen del líquido entre las marcas inferior y superior del depósito superior es de 1 litro y puede vaciarse a través de la llave de descarga.

Para determinar el valor del caudal  $Q$  sin el acondicionador se mide el tiempo transcurrido para que el depósito superior se llene entre las dos marcas de nivel, calculado mediante:

$$caudal = \frac{l}{t} \left[ \frac{\text{litros}}{\text{minutos}} \right] \quad (1)$$

Para conocer el nivel del líquido en correspondencia con el cual se produce la conmutación del contacto de láminas del transductor, se utiliza una escala graduada.

#### **Acondicionador de señal del transductor de caudal.**

Es un dispositivo capaz de contar los pulsos que se producen en un determinado intervalo de tiempo y de suministrar en su salida una indicación digital del flujo del líquido que pasa por el transductor. El diagrama esquemático se muestra en la figura 16.

El acondicionador se conecta a la unidad MIL 30 por medio de un cable.

La señal de pulsos (de 12V), proveniente del contacto de láminas del transductor del caudal (borne 4), es doblemente integrado a fin de obtener una señal con una frecuencia del doble respecto a la del transductor. Esta señal está disponible en el borne 7 y se utiliza como pulsos de reloj para los contadores IC4, IC6A, e IC6B, los cuales están conectados de manera asíncrona.

Situando el conmutador I1 (ACQUISITION TIME) en la posición 10s (contacto 10) los tres contadores permanecen activos, mientras que si se le coloca en la posición 1s, el contador IC6b resulta inhabilitado y sus salidas asumen el valor de cero.

El temporizador IC2 (NE555) sirve para generar el tiempo de recuento.

La calibración de dos tiempos patrón se efectúa en el acondicionador de señal mediante los potenciómetros RV1 y RV2, obteniendo una o dos cifras significativas respectivamente.

El comienzo del período del recuento se visualiza en la red GATE a través del circuito monoestable, y a partir de ésta señal se obtiene la señal de RESET que envía a los contadores (borne 3) y la señal de enganche para fijar el dato visualizado en los display (borne 2).

La señal de salida BCD de los contadores se envía hasta el conector COMPUTER A/B a través de los buffer IC9 e IC10 los cuales hacen que la señal CMOS del acondicionador sea del tipo TTL compatible.

#### **Constante del transductor $K_T$**

Es el valor que relaciona los pulsos generados por la rotación de las paletas de la turbina y el volumen del líquido desplazado sobre dos paletas adyacentes al rotor.

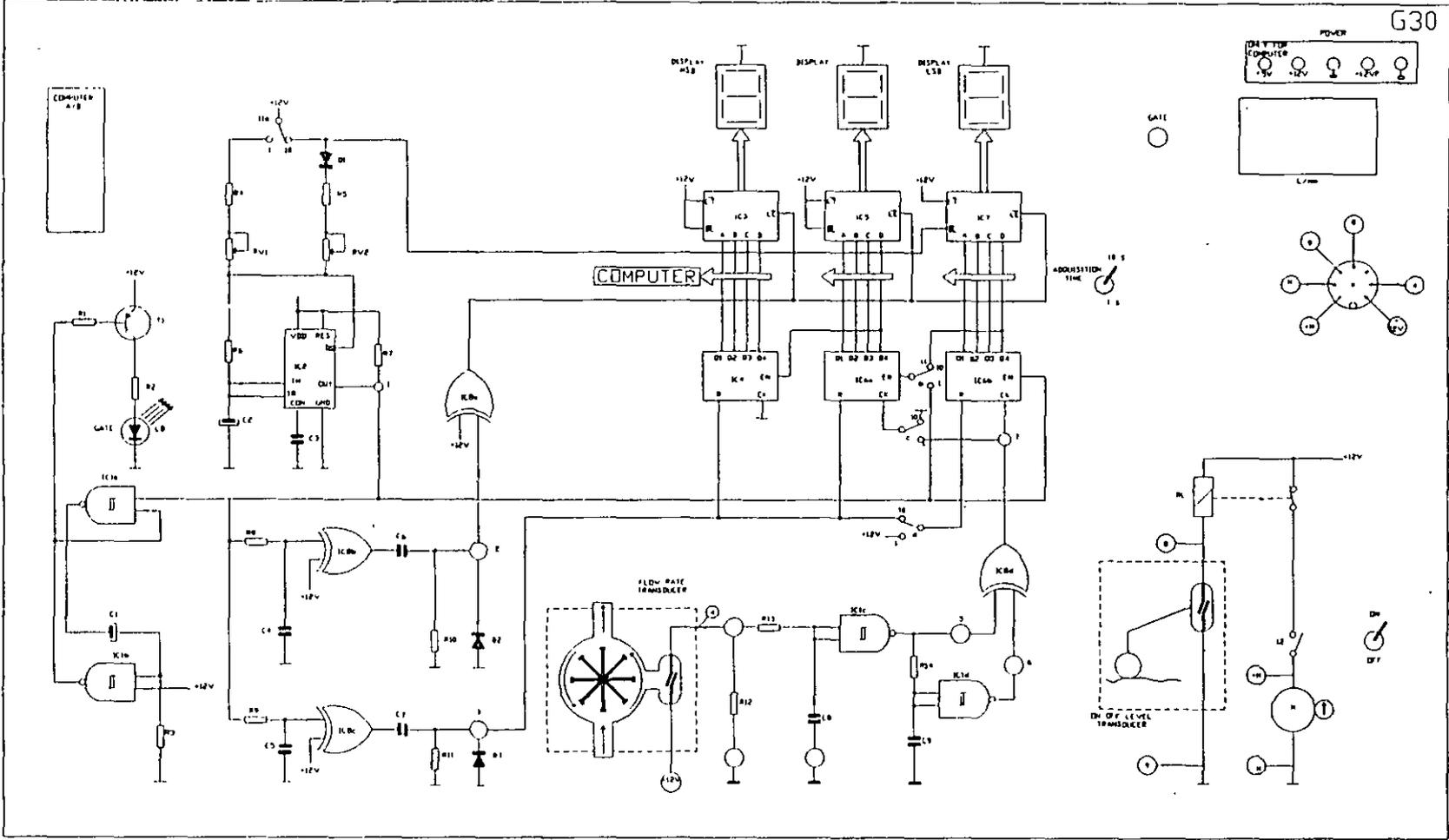


Figura 16

Las unidades son:

$$K_T = \left[ \frac{\text{pulsos}}{\text{litros}} \right] \quad (2)$$

Para obtener la  $K_T$ , se determina el caudal  $Q$  en l/seg, posteriormente se mide con un frecuencímetro la frecuencia  $F_Q$  correspondiente a dicho caudal. La  $K_T$  estará dada por:

$$K_T = \frac{F_Q}{Q} \left[ \frac{\text{pulsos}}{l} \right] \quad (3)$$

#### Ajuste del tiempo de conteo

Dado que cada turbina tiene una constante en particular, es necesario ajustar el tiempo el tiempo de conteo para que el caudal real corresponda con la lectura del display.

El tiempo de conteo en la escala de 1 seg está dada por :

$$T_c = \frac{Q_{\text{display}} \times 10}{2 F_Q} \quad [\text{segundos}] \quad (4)$$

Donde  $Q_{\text{display}}$  tiene unidades de pulsos y es el calor real que debe aparecer en el display.

Dicho tiempo se ajusta con el potenciómetro RV1 (escala de 1 segundo), o bien:

$$T_c = \frac{Q_{\text{display}} \times 100}{2 F_Q} \quad [\text{segundos}] \quad (4a)$$

Para la escala de 10 seg, ajustandose el tiempo con el potenciómetro RV2.

Ambos tiempos pueden ser medidos en el punto 1 del acondicionador.

#### Linealidad del transductor-acondicionador.

En la mayoría de los sistemas es deseable que la respuesta sea lineal; sin embargo muchos transductores operan linealmente en un rango bien definido.

Para el caso del transductor de caudal utilizado, el fabricante garantiza su operación lineal dentro del siguiente rango con el error indicado a plena escala:

RANGO (litros/minuto)	ERROR (%)
0.5 / 5	< 2
0.1 / 5	< 5

Prácticamente se puede calcular la linealidad el transductor-acondicionador a partir del modelo de respuesta, que para este caso es una línea recta.

Trazando dos rectas paralelas a la recta del sistema de medición, como se muestra en la figura 17, en las cuales queden contenidos todos los puntos de medición, se puede obtener los valores límites L1 y L2 a plena escala y calcular la linealidad, esto es:

$$Linealidad = \pm \frac{1}{2} \frac{(L_1 - L_2)}{Escala_{max}} \quad (5)$$

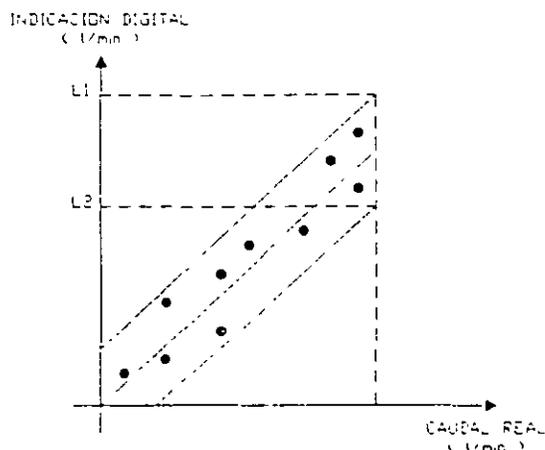


Figura 17

**Acondicionador de señal del transductor de nivel.**

El circuito acondicionador de señal para el indicador de nivel, se haya esquematizado en el módulo, consiste de un relevador cuya bobina se acciona a través de los contactos de lámina. Una vez accionado el relevador hace que la bomba deje de funcionar para evitar que el agua contenida en el depósito superior empiece a desbordar.

**OBJETIVOS**

- Hacer del conocimiento del alumno los diversos transductores de caudal y nivel así como de los respectivos acondicionadores de señal.
- Presentar una aplicación práctica sobre dos de los transductores en estudio.
- Calibrar el acondicionador del transductor de caudal.
- Obtener la curva característica del Transductor-Acondicionador.
- Determinar las cotas de operación del transductor de nivel.

**EQUIPO Y MATERIAL**

- Unidad G30 y TY30

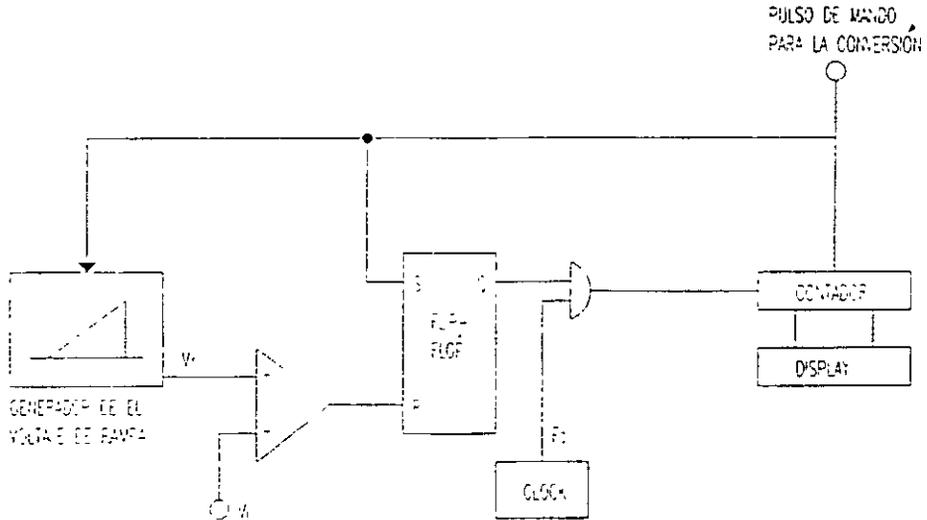


Figura 1.

Al ser enviado un nuevo pulso de mando comienza otro ciclo de conversión. Generalmente los convertidores de este tipo se encuentran dotados de circuitos que, al final de una conversión, se encargan de iniciar automáticamente la siguiente cuenta.

La linealidad y precisión depende del cuidado con el cual se implementa el generador de voltaje de rampa y de la estabilidad de la base de tiempos del reloj. Los errores que más hacen sentir su efecto se deben a fenómenos de "no linealidad" del generador de voltaje de rampa, a imprecisiones durante la comparación y a los retrasos introducidos por el comparador. Este tipo de convertidores es muy sensible a fenómenos exteriores.

**CONVERTIDORES A/D DE DOBLE RAMPA.**

Para aumentar la precisión de los convertidores A/D de rampa, se efectúa una doble integración que permite eliminar los errores debidos a diversas variaciones. Un sistema de conversión A/D de doble rampa se observa en la Figura 2.

El voltaje  $V_i$  que debe ser convertido, se aplica a un circuito integrador durante un intervalo de tiempo constante ( $T_0$ ), determinado por una red secuenciadora basada en la frecuencia del reloj.

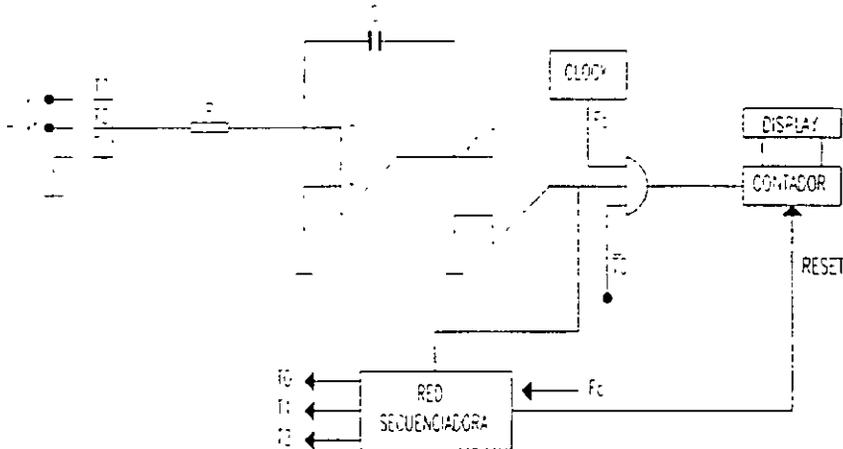


Figura 2.

## CONVERTIDORES ANALOGICO/DIGITAL Y DIGITAL/ANALOGICO

El gran desarrollo de la electrónica digital y con ello el de la computación, hace que prácticamente ningún campo de la actividad humana quede al margen de aplicaciones con fines de facilitar tareas muy diversas.

En particular en el área de la instrumentación, medición y control de procesos o variables, se cuenta con equipo altamente sofisticado, que basa su funcionamiento en circuitos digitales, con lo que se puede lograr precisión rapidez y confiabilidad en los resultados.

Para que se pueda implementar cualquier tipo de aplicación de control o medición, con ayuda de sistemas computarizados, hay que contar con circuitos especiales, esto es, convertidores Analógico/Digital, que se encargan de convertir variables eléctricas analógicas a variables discretas, que pueden ser interpretadas por los sistemas digitales. Para el proceso inverso se debe tener un convertidor Digital/Analógico, el cual transforma una señal representada mediante un código binario a una señal analógica.

Algunos ejemplos en los que se necesita tener tarjetas convertidoras son: el análisis y almacenamiento de señales de origen biológico, la transmisión de datos y el control de procesos industriales como son los manipuladores o las bandas de producción.

### CONVERSION ANALOGICO/DIGITAL (A/D)

Este tipo de conversión se basa en cuantificar la amplitud de una señal de voltaje y representarla de una forma binaria, por lo que los datos que arroja un convertidor A/D son del todo disponibles para poder ser manipulados y analizados por cualquier equipo de cómputo.

Los convertidores A/D se clasifican de acuerdo a su operación y características eléctricas, así, se tiene convertidores de una y doble rampa, de aproximaciones sucesiva y de tipo ráfaga.

### CONVERTIDOR A/D DE UNA RAMPA.

Este tipo de dispositivos realizan la conversión utilizando un método indirecto que consiste en la comparación del voltaje de entrada con una rampa generada internamente, el tiempo de conversión estará determinado por el intervalo en el que la rampa alcanza la amplitud de la señal de entrada. En la Figura 1 se muestra el diagrama a bloques de un convertidor de una rampa. La señal de entrada ( $V_i$ ) la cual debe ser convertida, debe ser un voltaje exclusivamente positivo.

La conversión se inicia con un pulso de mando que establece el inicio de la conversión, el cual provoca la puesta a cero del contador, permitiendo que la salida del Flip-Flop RS (que es un circuito lógico que a su salida puede tener un nivel alto "1" o bajo "0") se coloque en "1", haciendo que (al quedar habilitada la compuerta AND) llegue la señal de reloj de frecuencia  $F_c$  al contador, generando la base de tiempos mediante el reloj(clock). La rampa ( $V_R$ ), es generada mediante el uso del contador y en algunos casos, también puede ser generada por un convertidor D/A. El reloj incrementa el contador un paso a la vez hasta que el voltaje de rampa sea mayor o igual que el voltaje de entrada, la comparación se realiza mediante un circuito comparador. Mientras el voltaje de rampa se mantenga inferior a  $V_i$  la salida del comparador será baja; en el momento en que  $V_R$  supera a  $V_i$ , el comparador efectúa la conmutación a un nivel alto, de modo que el Flip-Flop RS pasa al nivel "0" bloqueando así la compuerta AND y suspendiendo la operación del contador al interrumpir la señal de reloj. La cuenta del mismo, será el resultado de la conversión.

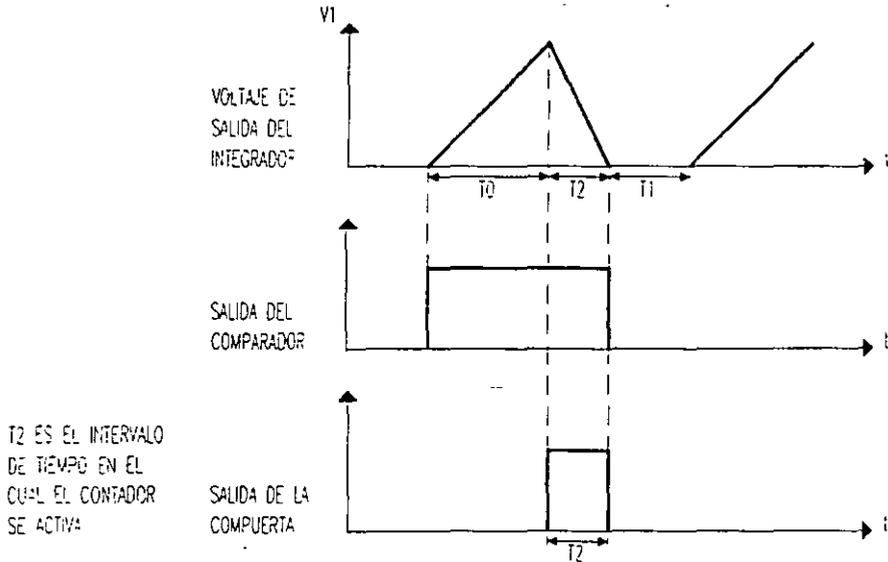


Figura 3.

La ventaja más importante que ofrece este tipo de convertidores esta representada por la inmunidad que tiene sobre los efectos del ruido o a las perturbaciones de la red (Tiempo de conversión prolongada).

**CONVERTIDOR A/D DE APROXIMACIONES SUCESIVAS**

El diagrama de bloques de este convertidor se muestra en la Figura 4, su funcionamiento es el siguiente:

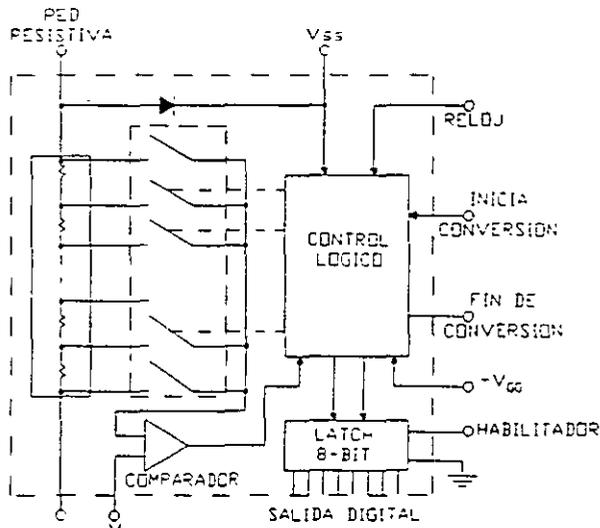


Figura 4. Convertidor ADC0800

Básicamente consiste en comparar una muestra de la señal de entrada con valores de voltaje fijados por el convertidor hasta que el resultado entre los dos sea muy semejante, la manera en la que se llega al resultado es evaluando si la comparación fue menor o mayor al voltaje de entrada hasta que la diferencia es la menor posible.

Después de un tiempo  $T_0$  el voltaje de salida del integrador será igual a un valor proporcional al voltaje de entrada  $V_i$  (formandose la rampa ascendente), según la siguiente relación:

$$V_1 = \frac{1}{C} \int_0^{T_0} I_C(t) dt = \frac{1}{RC} \int_0^{T_0} V_i(t) dt$$

Si  $V_i$  es constante se obtendrá:

$$V_1 = \frac{1}{RC} V_i T_0$$

Al final del intervalo de tiempo  $T_0$  se desconecta el voltaje  $V_i$  y se aplica en la entrada del integrador un voltaje de referencia constante ( $-V_R$ ) de polaridad opuesta a la de el voltaje  $V_i$ . Este voltaje de referencia resulta integrado por el integrador, dando origen a una rampa decreciente; durante este segundo intervalo de tiempo  $T_2$  la compuerta AND queda habilitada y los pulsos de reloj pueden llegar hasta el contador. El ciclo se interrumpe una vez que la salida del integrador alcanza el valor de cero. El secuenciador después de un intervalo de tiempo  $T_1$ , se encarga de suministrar señales temporizadas para la siguiente conversión, en la Figura 3 se muestra el diagrama de tiempos de estas señales.

Analizando el funcionamiento del circuito se observa que existe una proporcionalidad directa entre el número de pulsos que llegan al contador y el voltaje  $V_i$  que debe ser convertido. Cuanto más elevado sea  $V_i$ , mayor será el valor de el voltaje de salida del integrador después de un tiempo  $T_0$ . En consecuencia el valor del intervalo de tiempo  $T_2$  será mayor para llevar el voltaje de salida del integrador hasta el valor cero.

Las siguientes expresiones muestran la representación numérica de lo anterior:

— Voltaje de salida del integrador después del intervalo de tiempo  $T_0$ :

$$V_1 = \frac{1}{RC} V_i T_0$$

— Voltaje de salida del integrador al alcanzar el valor de cero

$$V_1 - \frac{1}{RC} V_R T_2 = 0$$

$$\frac{1}{RC} V_i T_0 - \frac{1}{RC} V_R T_2 = 0$$

$$T_2 = T_0 \frac{V_i}{V_R}$$

El número de pulsos que cuenta el contador durante el tiempo  $T_2$  es:

$$N = T_2 F_C = T_0 F_C \frac{V_i}{V_R}$$

Este tipo de convertidores poseen una linealidad y una precisión mayor que la del convertidor visto anteriormente. En cuanto a los errores y a la imprecisión del comparador, quedan compensados junto con la repercusión ya sea durante la rampa ascendente como la descendente.

- 
- Cronómetro
  - Generador de Funciones
  - Osciloscopio de memoria

## DESARROLLO

### EXPERIMENTO 1. OPERACION DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL DEL TRANSDUCTOR DE CAUDAL.

La calibración se realiza al hacer coincidir la indicación del caudal que proporciona el indicador visual con un caudal simulado.

- Conectar los bornes +12V-0V, +12VP-0V/1.5A del panel a una fuente de alimentación estabilizada sin encenderla aún.
- No colocar el cable de conexión entre el panel y la unidad externa MIL 30.
- Por medio del generador de funciones aplicar entre el borne 4 y el de tierra una señal cuadrada con una amplitud de 10V positivos y una frecuencia de 25 Hz.
- Encender la fuente de alimentación.
- Con el interruptor Acquisition Time en la posición 1s regular RV1 hasta que en el display se lea el valor 5.0
- Situar el interruptor Acquisition Time en la posición 10s y regular RV2 hasta que en el display se lea el valor 5.00 .

### EXPERIMENTO 2. CALIBRACION DEL MEDIDOR DE CAUDAL

- Conectar los bornes de +12V-0V y 12Vp-0V/1.5A del panel a una fuente de alimentación estabilizada sin encenderla aun. Conectar el cable de la unidad MIL30 al acondicionador.
  - Fijar la base de tiempo en un segundo.
  - Abra completamente la válvula reguladora de flujo (totalmente en sentido antihorario).
  - Verificar las conexiones, encender la fuente y accionar la bomba.
  - Determinar el caudal  $Q$  [ l/min ] es decir, con el cronómetro medir el tiempo en que se llena el depósito superior (entre las marcas = 1 litro) y calcular  $Q$ .
  - Paralelamente medir con el osciloscopio la frecuencia (en el borne 4) correspondiente al caudal medido.
  - Calcular el tiempo de conteo  $T_c$  con la expresión (4).
-

- Observar con el osciloscopio la señal en el borne 1 y ajustar con RV1 el periodo  $T_c$ , calculado previamente.
- Verificar que el caudal real corresponda a la lectura del display.

**NOTA:** Por ningún motivo cierre completamente la válvula estando la bomba encendida.

**EXPERIMENTO 3. DETERMINACION DE LA CURVA CARACTERISTICA "CAUDAL REAL / INDICACION DIGITAL DE SALIDA DEL TRANSDUCTOR-ACONDICIONADOR".**

Para la determinar la curva característica es necesario haber realizado la calibración.

- Con la fuente apagada, conectar el panel a la unidad externa MIL 30.
- Verificar que el depósito superior esté vacío, en caso contrario utilice la llave de descarga; y que el depósito inferior contenga suficiente agua.
- Girar el regulador de flujo en el sentido contrario a las agujas del reloj hasta llegar al tope.
- Poner el interruptor time acquisition en 1 segundo.
- Encender la fuente y situar el interruptor I2 de encendido de la bomba en la posición ON. Medir el tiempo que tarda en llenarse el depósito superior entre las dos marcas de nivel.
- Calcular el valor del caudal con la expresión (5).
- Paralelamente observar la lectura del display y asentar ambos valores en la Tabla 1.
- Repetir los dos últimos pasos para diferentes posiciones de la llave reguladora de flujo, hasta obtener 8 pares de datos.
- Repita la tabla con el interruptor time Acquisition en 10 segundos.

CAUDAL REAL CALCULADO (l/min)	INDICACION DIGITAL DEL CAUDAL (l/min)

Tabla 1

---

**EXPERIMENTO 4. DETERMINACION DE LA COTA DE INTERVENCION EN SUBIDA Y BAJADA.**

- Conectar los bornes +12V-0V, +12Vp-0V/1.5A del panel a una fuente de alimentación estabilizada sin encenderla.
- Colocar el cable que conecta al panel a la unidad externa MIL 30.
- Verificar que esté descargado el depósito superior así como las conexiones realizadas.
- Encender la fuente de alimentación y la bomba, y medir con un metro la cota de intervención de subida y bajada.

**ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

1. Por qué para el funcionamiento del acondicionador del Experimento I, se utiliza una señal cuadrada con las características de forma, amplitud y frecuencia especificadas?
2. Con base a los datos del experimento II, determine la constante del transductor  $K_T$ .
3. Qué valor de  $K_T$  se deberá tener para no calcular un  $T_c$ ?
- 4.Cuál es la función de los potenciómetros RV1 y RV2?
5. Con base a los datos de la tabla I, determine el error en cada caso y grafique en un plano de coordenadas cartesianas la indicación digital y el caudal real medido, en las ordenadas y abscisas respectivamente.
6. Trace o calcule la recta óptima del sistema, en ambos casos (1 seg y 10 seg).
7. Calcular el modelo matemático.
8. A partir de la cota de intervención de subida y la de apertura en bajada, determine la carrera diferencial. Compárela con la especificada por el fabricante.
9. Determine la linealidad del sistema y compárela con la especificada por el fabricante.
10. Presente un cuadro comparativo de transductores de nivel y caudal, indicando tipos, rangos, aplicaciones, etc.
11. Presente un sistema a nivel de diagrama de bloques, en el que se utilice los transductores de nivel y caudal.

## TRANSDUCTOR DE FUERZA

Un transductor es un dispositivo que convierte variables físicas tales como fuerza, posición, presión, temperatura, velocidad, aceleración, etc; en una señal generalmente eléctrica para propósitos de medición o control.

La fuerza y las magnitudes directamente asociadas a ella (como el par, la presión y aceleración) pueden medirse eléctricamente por medio de una gran diversidad de tipos de transductores.

Muchos transductores de fuerza se basan en la conversión de una fuerza aplicada la cual provoca un desplazamiento mecánico, típicamente la deformación de un elemento elástico, y dependiendo del transductor se convierte en una señal eléctrica de salida.

De acuerdo al principio físico en que se basan, los transductores de fuerza se pueden clasificar en tres grandes categorías:

- Transductores basados en las leyes de la estática.
- Transductores basados en el fenómeno piezoeléctrico.
- Transductores basados en el fenómeno de la reacción elástica.

### TRANSDUCTORES BASADOS EN LA APLICACION DE LAS LEYES DE LA ESTADICA

Se sabe que disponiendo de una serie de distintas magnitudes de fuerza, siempre es posible medir una fuerza incógnita recurriendo a la ley fundamental de la mecánica dada por la relación:

$$\sum F - ma = 0$$

la que indica que en un sistema de fuerzas  $\sum F$  (incluyendo las activas y reactivas) aplicadas a un cuerpo de cierta masa "m", proporciona una aceleración "a". En forma analoga con un sistema rotacional, examinando la aceleración angular  $d\omega/dt$  de un cuerpo, con un momento de inercia axial J alrededor del eje de rotación relativo, bajo la acción de un sistema de pares  $\sum M$  cuya dirección es la de dicho eje; se obtiene la siguiente relación:

$$\sum M - J \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Por lo general, en las mediciones industriales, los transductores que se basan en las leyes definidas por las ecuaciones anteriores, están empleados en condiciones de carga constante.

Una aplicación, bajo dichas condiciones, está representada por la balanza automática de contrapesos cuyo principio de medición esta ilustrado en la figura 1.

Pasando por alto los pesos de los brazos con respecto al peso patrón  $P_c$  y al peso incógnito P, puede obtenerse la relación:

$$P = P_c \frac{b_2}{b_1} \tan \theta$$

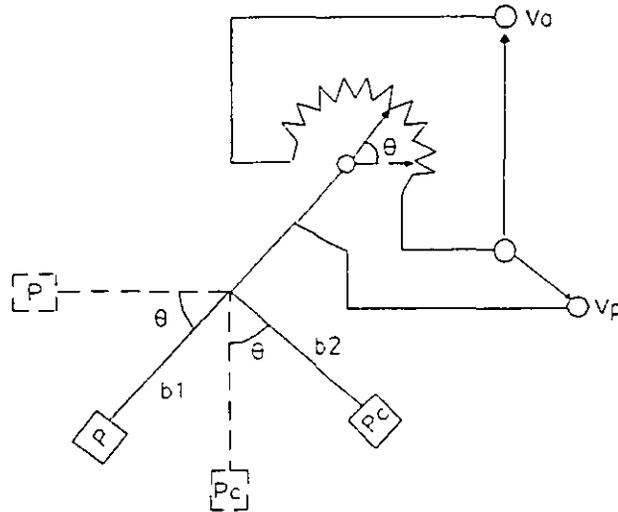


Figura 1

Ya que utilizando el potenciómetro puede leerse un voltaje proporcional al ángulo , la balanza de contrapesos viene a ser un sensor de rotación angular con característica no lineal.

**TRANSDUCTORES BASADOS EN EL FENOMENO DE LA PIEZOELECTRICIDAD**

Dichos transductores se emplean sobre todo cuando las fuerzas que hay que medir son dinámicas, estos dispositivos aprovechan un fenómeno descubierto por Pierre y Jacques Curie en 1880 en el que las variaciones de carga se presentan en algunos materiales cuando estos están sujetos a fuertes acciones físicas.

Estos dispositivos piezoeléctricos se usan en instrumentos, como acelerómetros, utilizados para el estudio de las vibraciones 1 . Los materiales con que estan hechos estos transductores son cerámicos (materiales de síntesis), como lo son el titanato de bario o el de plomo. Entre los cristales se utiliza la turmalina, sal de "seignette" (titrato de sodio y potasio) y el cuarzo, siendo este último el mas común.

**TRANSDUCTORES BASADOS EN EL FENOMENO DE LA REACCION ELASTICA**

Considerando un cuerpo homogéneo e isótropo de forma prismática, como el de la figura 2, que tenga una de sus bases (de cierta área A) apoyada en un soporte de material con rigidez infinita, mientras que a la otra base se le aplica una fuerza F perpendicular a la misma. El cuerpo sufre una deformación al aplicarle una fuerza la cual puede medirse como la relación entre el cambio de dimensión y el valor total de la dimensión en la que ocurre el cambio.

La ley que rige estas deformaciones es la ley de Hook, la cual se define como :

$$E = (\text{constante}) = \frac{S}{\epsilon}$$

1 Para más detalles ver la Práctica de Aceleración y Velocidad.

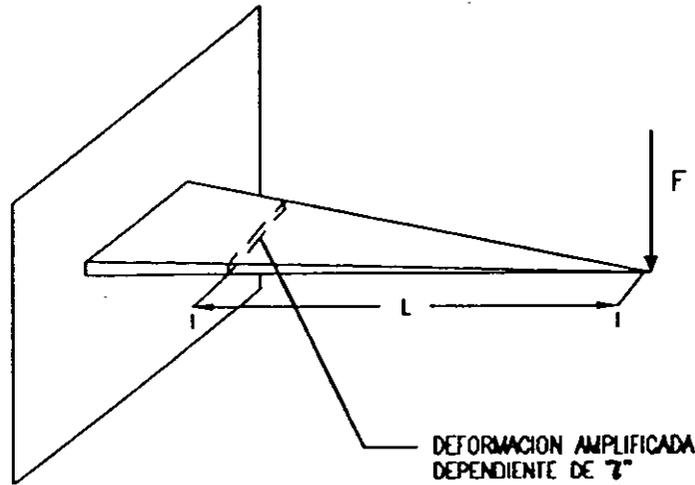


Figura 2

donde  $E = >$  módulo de elasticidad o módulo de Young en  $\frac{Kg}{cm^2}$

$S = >$  esfuerzo (en tensión o compresión) en  $\frac{Kg}{cm^2}$

$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = >$  deformación, adimensional.

Entonces, al aplicar una fuerza  $F$  el cuerpo se deforma produciendo una fuerza reactiva  $F_r$ , mientras que el comportamiento resulta ser puramente elástico.

En el punto de equilibrio, es decir cuando  $F$  es igual a  $F_r$ , y a partir de la ley de Hooke, se tiene una relación lineal de la deformación longitudinal  $\epsilon_l$  dada por:

$$\epsilon_l = \frac{\Delta L}{L} = \frac{F}{EA} = KF$$

donde  $F =$  fuerza (en tensión o compresión)

$A =$  Area de la sección (normal a la dirección de aplicación de la fuerza)

$L =$  Longitud original del sólido.

De aquí, todo cuerpo que satisfaga la ley de Hooke, puede constituir un sensor lineal de fuerza en función de la deformación longitudinal.

En correspondencia con la deformación longitudinal  $\epsilon_l$ , se tiene la deformación transversal  $\epsilon_v$  relacionadas mediante el coeficiente de Poisson  $\nu$ , por lo que se tiene también una relación lineal entre la fuerza aplicada y la deformación transversal dentro del campo de la ley de Hooke dada por :

$$\epsilon_v = -\nu \epsilon_l \qquad \epsilon_l = \frac{-\nu}{EA} F = -K' F$$

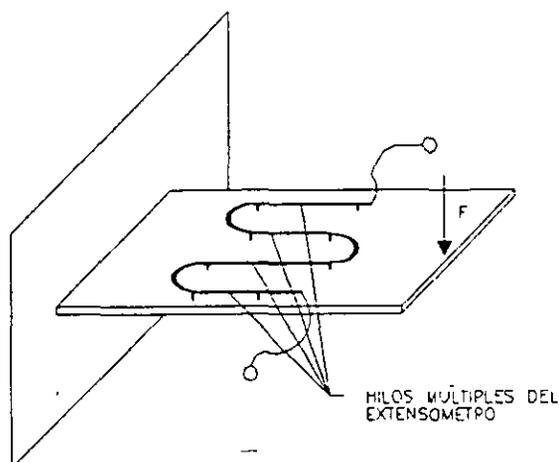


Figura 3

De lo anterior se puede obtener una conversión lineal "Fuerza/Deformación" determinando la deformación y transformandola en una señal eléctrica proporcional a la fuerza.

Para determinar las deformaciones producidas por una fuerza se utilizan los siguientes sensores:

- "Strain gage" resistivos
- "Strain gage" de semiconductor

#### Transductores en los que se emplean "Strain gage" resistivos

Estos sensores, también llamados galgas extensométricas o extensómetros, tienen dos características de deformación elástica que se utilizan en la transducción de fuerzas: la deformación local y la deflexión. Un valor máximo de cada uno se detecta en algún punto del elemento sensor, aunque no necesariamente siempre en el mismo punto, y es este valor el que da la magnitud transducida (ya sea la deformación o la deflexión). Los elementos sensores de fuerza están fabricados con materiales de homogeneidad controlada, normalmente de algún tipo de acero, y una serie de tolerancias muy cuidadosamente dimensionadas.

Como parámetros básicos de diseño de los elementos sensores de fuerza se tiene: tamaño y forma, densidad del material, módulo de elasticidad, sensibilidad a la deformación y a la deflexión, respuesta dinámica y los efectos de la carga del transductor sobre el sistema a medir.

De modo particular puede decirse que:  $\frac{dR}{R} = K \frac{dL}{L}$ . El coeficiente de proporcionalidad K se llama también "factor de calibración o factor de galga", y puede asumir valores comprendidos entre -11 y 4.5 según los materiales empleados (níquel, manganina, constantán, platino, tungsteno). Un elevado factor de calibración de un material hace que este sea más sensible a la temperatura y menos estable que los materiales con factor de calibración menores.

La forma más sencilla en como trabajan los extensómetros consiste en medir la variación de la resistencia de un alambre metálico cuyos extremos estan sujetos en los dos puntos entre los cuales se desea medir la variación de distancia  $dL$  y en consecuencia la fuerza.

Para tener valores de  $dR$  fácilmente medibles, se adicionan varias longitudes útiles del hilo metálico como se muestra en la figura 3.

En la mayoría de los casos, los extensómetros se utilizan para medir la deformación de una superficie en una dirección preestablecida.

Cabe señalar que los tramos curvos tienen una sección mucho mayor que la de los tramos rectilíneos, y por lo tanto una resistencia despreciable. Los valores de  $L$  pueden variar de 2 a 20 mm aproximadamente.

En los transductores de fuerza, los extensómetros ya se encuentran pegados en el dispositivo que se deforma cuando se le aplica la fuerza a medir.

Estos sensores tienen el inconveniente de depender de la temperatura, esto es, si existe una variación de temperatura, se provoca una variación en la resistencia y una variación del volumen del material (lo cual se puede definir como una deformación no presente).

Para evitar esto, se requieren dos extensómetros, uno deformado y otro no, y medir la diferencia de la resistencia existente entre los dos. También se puede recurrir a extensómetros termocompensados, es decir, elementos que tengan materiales con coeficiente de temperatura igual y opuesto al coeficiente de dilatación térmica del material alterable.

### Sensores en los que se emplean "Strain gages" de semiconductor

Debido a que la piezoresistividad (variación de la resistencia eléctrica al cambio de volumen) se hace muy intensa en los semiconductores, el coeficiente de calibración  $K$  logra alcanzar valores muy elevados (entre 40 y 200) haciéndose presente un fuerte incremento en la sensibilidad, pero así mismo una fuerte dependencia de la temperatura, por este motivo dichos dispositivos se emplean solamente en casos en los que la sensibilidad es muy elevada y las variaciones de temperatura son casi nulas.

Los transductores "strain gages" proveen tiempos rápidos de respuesta, buena resolución, mínimo movimiento mecánico, y buena exactitud. Compensación predecible por los efectos de temperatura, fuente de baja impedancia.

Los bajos niveles de salida pueden causar problemas de ruido y generalmente se requiere aislamiento de la tierra de excitación con la tierra de salida.

### Celdas de Carga

La celda de carga es el tipo de transductor de fuerza dotado de extensómetros de tipo resistivo que más se usa en la rama industrial. Su configuración es la de un puente de extensómetros, que es la que se utiliza en esta práctica.

La celda convierte una fuerza aplicada (peso) en una variación del voltaje presente en la salida del puente.

Las celdas de carga que emplean "strain gages" del tipo resistivo tienen una impedancia de aproximadamente 350 ohms y una sensibilidad de  $2 \frac{mV}{V}$  a plena escala, es decir, por cada volt que se aplique al puente, la salida será de 2 mV.

Debido a que la variación de temperatura es una fuente de errores, es posible usar una de las siguientes técnicas para reducirlos:

1. Especificando la exactitud sobre el total de errores en lugar de hacerlo en una base de parámetros individuales.

- 2. Usando técnicas en la calibración del sistema que funcionen por reducción de datos.
- 3. Monitoreando los cambios ambientales y corrigiendo los datos conforme ocurran.
- 4. Controlando artificialmente el medio ambiente del transductor para minimizar estos errores.

**PARAMETROS QUE CARACTERIZAN UN TRANSDUCTOR DE FUERZA**

Las características fundamentales en el empleo de un transductor de fuerza y que definen su calidad son las siguientes:

- El margen o campo de medidas,(expresado en Kg, N ó Ton);es decir, el campo de las fuerzas que el sensor es capaz de convertir sin alterar sus características de medición. El margen de medidas puede ser unipolar (compresión) o bipolar (compresión y tensión).
- El valor de sobrecarga estática admitido (expresado en Kg, N ó Ton), es decir, el valor de la máxima fuerza que puede soportar el dispositivo sin dañarse.
- El campo de temperaturas de funcionamiento (expresadas en °C ).
- El campo de temperaturas de almacenamiento (expresado en °C).
- El campo de precisión primaria (expresado en °C ),o sea el margen de temperaturas dentro del cual los datos de medición satisfacen valores determinados.

Con lo que respecta a la exactitud de las medidas pueden darse algunas especificaciones relativas al campo de precisión primaria, que son :

- Linealidad, es una medida del comportamiento diferencial de la curva de calibración respecto a una línea recta especificada, la linealidad se expresa en porcentaje del valor de plena escala, dada por la expresión:

$$Linealidad = \pm \frac{1}{2} \frac{|V_1 - V_2|}{V_2}$$

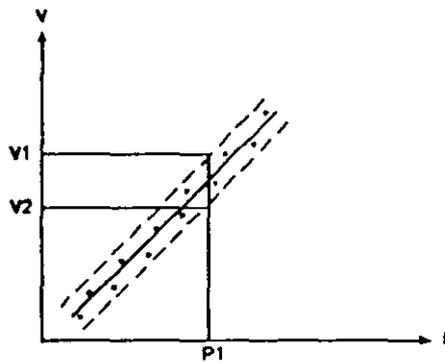


Figura 4

Para obtener estos valores de voltajes se tiene que determinar la recta óptima del transductor y obtener una gráfica como la que se muestra en la figura 4; donde P1 es el valor de fuerza máxima dentro del rango de operación.

- De la misma manera, la variación relativa  $V_r$  al voltaje de plena escala en porcentaje es:

$$V_r = \frac{V_2 - V_1}{V_1}$$

- Resolución; es la más pequeña variación detectada de la magnitud de salida. Este parámetro se expresa como el inverso del valor de la señal de salida para una determinada entrada unitaria.
- La repetibilidad, expresada en porcentaje del valor a plena escala, indica la capacidad que tiene el transductor de reproducir la señal de salida cuando a la entrada se presenta, en tiempos sucesivos, la misma muestra de magnitud a medir.

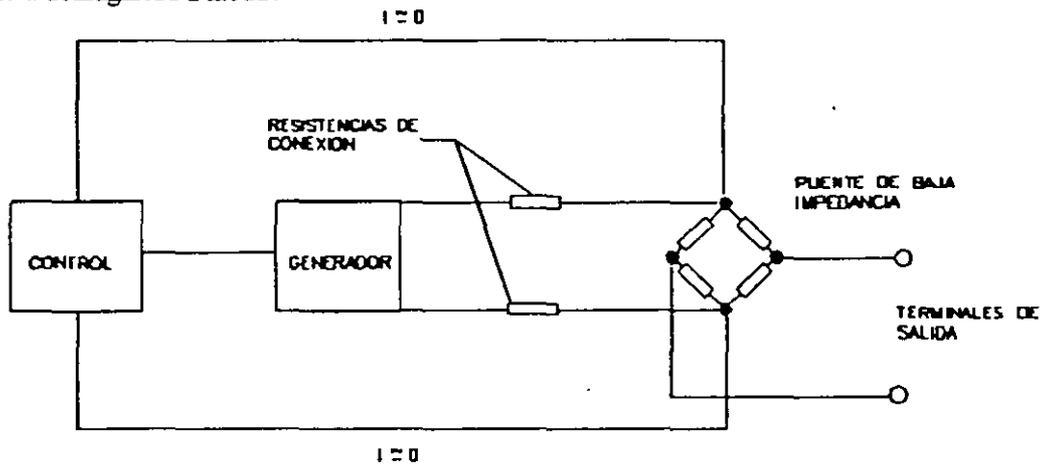


Figura 5

- La estabilidad, expresada en porcentaje del valor de plena escala, indica la capacidad que tiene el transductor de mantener el valor de la señal de salida cuando en la entrada se mantiene fijo el valor de la fuerza a convertir.
- La histéresis, la cual representa la diferencia entre dos indicaciones dadas por el transductor, para un mismo valor de fuerza, cuando este es alcanzado desde direcciones opuestas.

### ACONDICIONADORES DE SEÑAL EMPLEADOS CON LOS TRANSDUCTORES DE FUERZA

Para los transductores de fuerza que emplean extensómetros del tipo resistivo (Celdas de carga), el sistema de interface debe ser capaz de excitar el transductor con un voltaje constante.

Dado que la resistencia ohmica del extensómetro es baja, a menudo se recurre a las terminales de salida del puente para controlar si el voltaje aplicado es constante, como se indica en la figura 5.

Dado que el voltaje a la salida del transductor es pequeño, se amplifica a través de un amplificador diferencial para instrumentos de alta ganancia, como se muestra en la figura 6.

La elección del amplificador diferencial habrá que hacerla de tal modo, que al variar la temperatura la desviación del voltaje será el mínimo posible.

Además se suele utilizar un potenciómetro para eliminar el voltaje de "offset" y un potenciómetro de calibración para regular la salida en correspondencia con su valor exacto a plena escala.

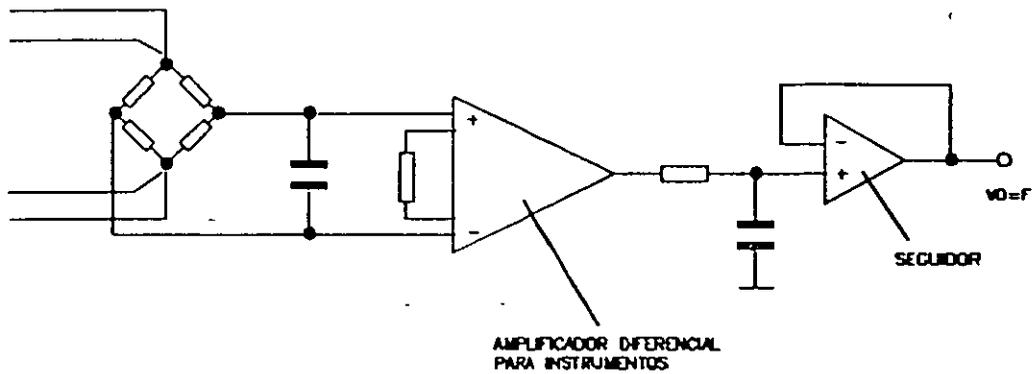


Figura 6

Algunas celdas de carga están dotadas también de una terminal de verificación, con la cual es posible hacer que el puente se desequilibre; a fin de poder obtener a la salida por ejemplo el 50 % del valor a plena escala.

Normalmente los transductores de fuerza dotados de extensómetros resistivos se calibran durante la fase de producción y, muchas veces, están dotados de un circuito de compensación térmica.

Debido a que estos sensores están montados en dispositivos en los que no se presentan rápidas variaciones de fuerza, a fin de reducir el ruido se utiliza un filtro de paso bajo de segundo orden.

Los transductores de fuerza provistos de extensómetros de semiconductor presentan señales eléctricas de salida de alto nivel; requiriendo, por ello, sistemas de interface muy simples con lo que respecta al "offset" y a las escalas.

En cuanto a los transductores de fuerza del tipo piezoeléctrico el sistema de interface está constituido por un amplificador de carga, cuyo esquema teórico está representado en la figura 7.

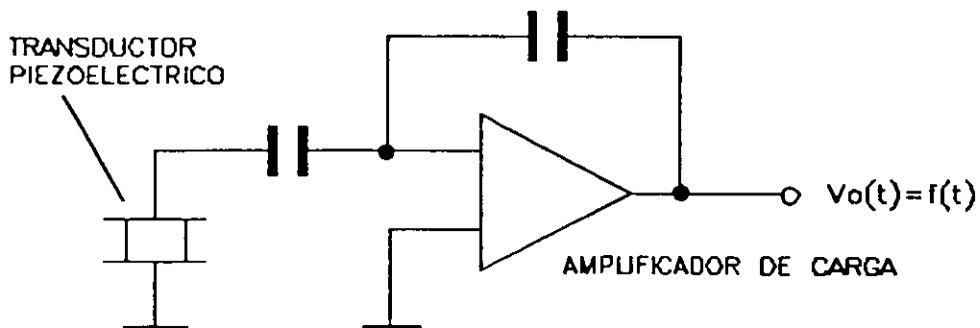


Figura 7

## DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo, representado por un sistema didáctico para la conversión de la fuerza, está constituido por dos partes fundamentales, que son: El modulo G25, que contiene el acondicionador de señal, y el transductor de fuerza. Como se muestra en la figura 8.

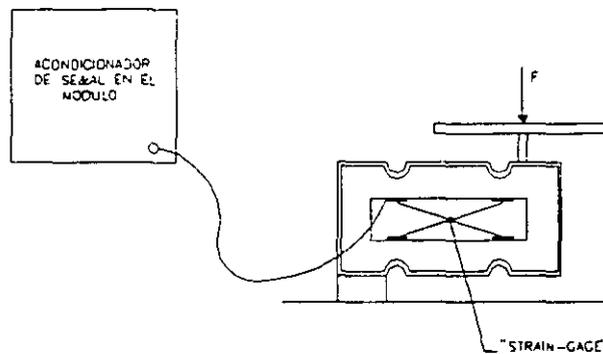


Figura 8

## EL Transductor de fuerza

El transductor empleado es una celda de carga dotada de extensómetros resistivos. Al aplicarse al dispositivo una fuerza se obtiene una deformación de la estructura metálica como la ilustrada en la figura 9.

La precisión de la conversión, y por lo tanto de la medida de la fuerza, depende notablemente de la calidad de las conexiones entre la celda de carga y sus planos de apoyo. Estos últimos han de ser rígidos, muy planos y deben crear un contacto lo mas extenso posible que no sea variable según la posición y el valor de la carga. Esta óptima rigidez permite una mayor extensión del área del plano de carga del transductor, es decir, que el transductor de fuerza conviene mucho para convertir cargas que se hallan fuera del eje; esto es, que puede aceptar planos de ponderación que alcancen una superficie de 15 X 20 cm.

Ya que, debido a las sobrecargas, las celdas pueden dañarse (aunque no estén conectadas eléctricamente), deberá prestarse mucha atención durante la fase de montaje de las celdas con bajo valor de plena escala (por ejemplo, de 0.5 a 20 kg); en este caso, es absolutamente necesario evitar torsiones y sobrecargas superiores al valor de plena escala.

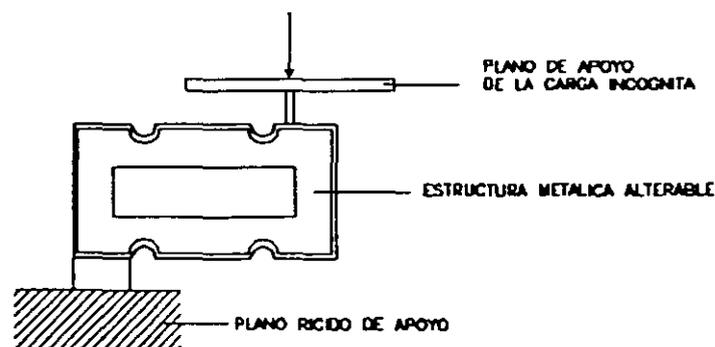


Figura 9

La fuerza resulta ser siempre el producto de la masa y de la aceleración (es decir  $F = m a$  ); por ello, si se golpea la celda, esta podría ser sometida a acciones fuera de su campo de tolerancia. En el caso de ciclos de ponderación rápidos o de caídas de carga sensibles, se prefiere escoger celdas con valores de plena escala sobreexcedentes.

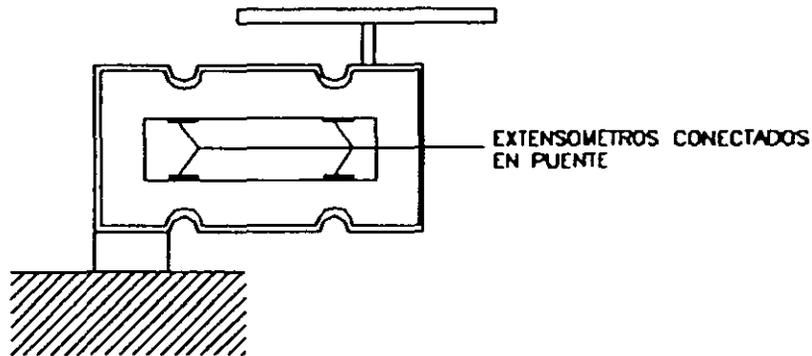


Figura 10

En el dispositivo, hay cuatro extensómetros utilizados para determinar las deformaciones de la estructura mecánica al aplicarse las cargas; éstos son del tipo resistivo y están conectados en puente.

En la figura 10 se halla representada la disposición de los extensómetros.

La celda de carga procede a la compensación térmica automática y a la eliminación del efecto de rigidez de los conductores de interconexión.

Además los extensómetros están protegidos generalmente contra la humedad, esto para obtener parámetros eléctricos más constantes y una estabilidad de medición mejor.

Debe observarse que en el transductor falta el tornillo de regulación de la sobrecarga; por lo tanto habrá que poner atención en no superar el valor límite del dispositivo, pues, de otro modo, podría ocurrir la ruptura de la celda.

Cabe mencionar que la polaridad de la señal de salida es negativa en condiciones de compresión, y positiva en condiciones de tensión.

#### Acondicionador de Señal para el Transductor de Fuerza con Extensómetros Resistivos.

Debido al transductor utilizado (celda de carga), la señal de salida del transductor es muy baja, por lo que el acondicionador tendrá que encargarse de efectuar una amplificación elevada, con el fin de poder obtener una señal de salida de fácil manipulación. Además deberá proporcionar un "offset" adecuado que permita la adaptación de las escalas ( variaciones de amplificación ), para poder obtener una correspondencia numérica entre la fuerza y el voltaje. El circuito de interface, íntegramente reproducido en el panel didáctico (módulo G25), es el que se muestra en la figura 11.

El voltaje de referencia de 10 V. se consigue por medio del regulador de voltaje IC1. En este circuito integrado la variación del voltaje de referencia, en función de la temperatura, es muy baja (siendo el máximo de 0.015%/C); de esto resulta que para una variación de temperatura de 50C, se obtiene una variación de

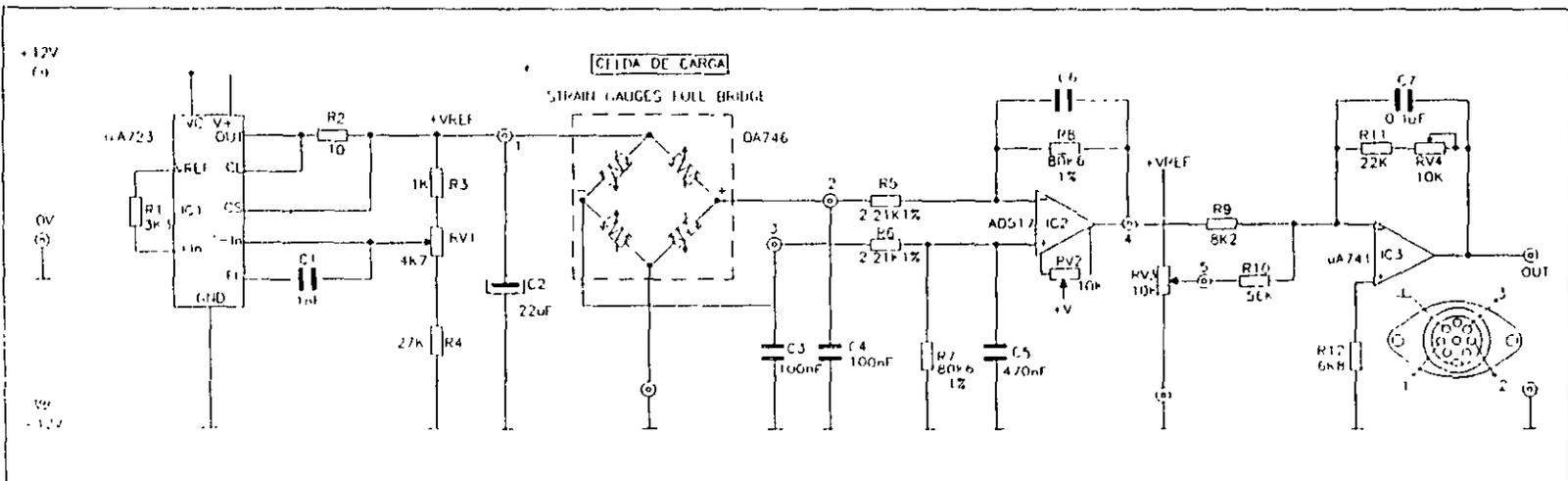


Figura 11

excitación igual a 0.075 Volts, esta variación resulta notablemente despreciable respecto a la variación vista en el transductor.

La regulación del voltaje de referencia se realiza mediante el potenciómetro RV1.

El voltaje de referencia alimenta a la celda de carga en configuración de puente y su salida está conectada a la entrada diferencial de la etapa amplificadora.

La etapa de amplificación está constituida por un amplificador diferencial (amplificador operacional IC2 en conexión diferencial). El operacional empleado presenta, al variar la temperatura, una baja desviación del voltaje de "offset" en la entrada.

Este operacional indica un valor de  $3 \frac{\mu V}{\circ C}$ ; con el cual se obtiene una variación del voltaje de "offset" de  $150 \mu V$  para una variación de la temperatura de  $50 \circ C$ . Debido a que  $2mV$  corresponden a  $1 Kg$ , se obtiene un error total de  $75$  gramos ( $\frac{150 \mu V}{2mV} \times 1000gr$ ), el cual corresponde aproximadamente al error de no linealidad del transductor y es netamente inferior a la desviación de la medida debido a la variación de temperatura del transductor.

El amplificador diferencial ofrece una ganancia de  $36.5$  y está provisto de un potenciómetro (RV2) para la puesta a cero del voltaje de "offset" del transductor.

La salida del amplificador diferencial entra a otra etapa de amplificación (IC3) cuya función es la de adaptar las escalas y eliminar el "offset".

Para esto, se ha previsto una amplificación regulable por medio del potenciómetro RV4 (amplificación de  $2.7$  a  $3.9$ ) y una regulación de "offset" variable entre  $0$  y  $6.8$  Volts mediante el potenciómetro RV3.

De este modo, a la salida se obtendrá un voltaje que será proporcional a la fuerza según la relación:  $100mV = 1Kg$ .

Los amplificadores del acondicionador realizan también una función filtrante (Filtro paso bajo), para eliminar los ruidos de alta frecuencia.

#### OBJETIVO:

- Familiarización con el uso del transductor de fuerza, tipo celda de carga resistiva, y determinación de la linealidad del propio transductor, la linealidad del transductor-acondicionador así como el análisis y calibración del acondicionador de señal.

#### EQUIPO Y MATERIAL:

- Vóltmetro digital.
- Fuente de voltaje (PS1).
- Módulo G25 (Acondicionador de fuerza).
- Celda de carga.

- Pesos patrón
- Cables de conexión.
- Lámpara incandescente.

## DESARROLLO

### EXPERIMENTO 1. CALIBRACION DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL.

- Conectar los bornes +12, -12 y 0 V del panel a la fuente de voltaje (apagada).
- Utilizando el conector apropiado, conectar la celda de carga al panel.
- Conectar el voltmetro digital entre el borne 1 y el borne de tierra.
- Encender la fuente.
- Regular el potenciómetro RV1 hasta que se lea un voltaje de 10.0 V en el voltmetro digital .
- Conectar ahora el voltmetro digital entre el borne 4 y el borne de tierra.
- Conectar a tierra los bornes 2 y 3 del panel.
- Regular el potenciómetro RV2 hasta que se lea 0 V en el voltmetro digital.
- Desconectar los bornes 2 y 3 de tierra.
- Conectar el voltmetro digital en la salida "out".
- Regular el potenciómetro RV3 hasta que se lea 0 V en el voltmetro digital.
- Cargar la celda de carga con un peso patrón menor o igual a 20 Kg.
- Regular el potenciómetro RV4 hasta obtener una lectura correspondiente a una sensibilidad de  $\frac{0.1V}{Kg}$

### EXPERIMENTO 2. DETERMINACION DE LA CURVA DE CALIBRACION DEL TRANSDUCTOR.

- Llevar a cabo la calibración del acondicionador.
- Conectar el voltmetro digital con la salida "out".
- Cargar la celda con pesos de valor conocido (en saltos de 250 gr.) y medir el voltaje de salida.
- Anotar los resultados en la tabla 1

N	F [Kg]	Vout [V]

Tabla 1

**EXPERIMENTO 3. DETERMINACION DE LA CURVA DEL TRANSDUCTOR BAJO EFECTO DE TEMPERATURA.**

- Llevar a cabo la calibración del acondicionador.
- Calentar la celda de carga (mediante una lámpara incandescente) y en estas condiciones de temperatura, obtener los datos en forma similar que en el experimento 2 y registrarlos en una tabla similar a la tabla 1.

**EXPERIMENTO 4. DETERMINACION DE LA CURVA DEL TRANSDUCTOR BAJO EL EFECTO DE CALENTAMIENTO DEL TRANSDUCTOR.**

- Llevar a cabo la calibración del acondicionador.
- Calentar el acondicionador de señal mediante una lámpara incandescente y en estas condiciones de temperatura obtener los datos de forma similar que en el experimento 2 y registrarlos en una tabla semejante a la tabla 1.

**ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

1. Mencione cual es el objeto de la calibración, especificando las funciones de los potenciómetros utilizados.
2. Hacer una grafica de fuerza contra voltaje a partir de los datos obtenidos en el experimento 2.
3. Trazar la recta óptima del transductor por medio de un método gráfico, como el de pares de puntos, o analíticamente con un método de ajuste de curvas
4. Obtener la linealidad del transductor bajo las condiciones del experimento 2.
5. Obtenga el modelo matemático del transductor.
6. Obtenga los siguientes parámetros:
  - Resolución.

---

-Sensibilidad.

-Rango de operación.

7. Con base a los datos del experimento 3 repita los puntos 2, 3 y 6.
8. Dibujar en una misma gráfica la recta óptima obtenida del experimento 2 y la recta óptima del experimento 3.
9. Con base a los datos de la gráfica anterior, calcular la variación relativa al voltaje de plena escala, expresada en valores porcentuales, donde  $V_1$  es el voltaje a una fuerza dada a la temperatura ambiente y  $V_2$  el voltaje a la misma fuerza con la celda calentada.
10. Con base a los datos del experimento 4 repita los puntos 2, 3 y 6.
11. Dibujar en una misma gráfica las rectas óptimas obtenidas de los experimentos 2 y 4.
12. Con base a los datos de la gráfica anterior, calcular la variación relativa al voltaje de plena escala, expresada en valores porcentuales, donde  $V_1$  es el voltaje a una fuerza dada a la temperatura ambiente y  $V_2$  el voltaje a la misma fuerza con el acondicionador calentado.
13. Explique como afecta la temperatura en la respuesta del transductor y compárela con la variación teórica.

## TRANSDUCTORES DE PRESION

La presión se define como fuerza por unidad de superficie, y se expresa en diversas unidades. La unidad estandarizada es el pascal (Pa) que corresponde a  $1 N/m^2$ , sin embargo en la mayoría de los procesos industriales se utilizan unidades tales como el bar, la atmósfera, mmHg y  $cmH_2O$ , etc. En el Apéndice A se presenta una tabla de conversión de unidades de presión.

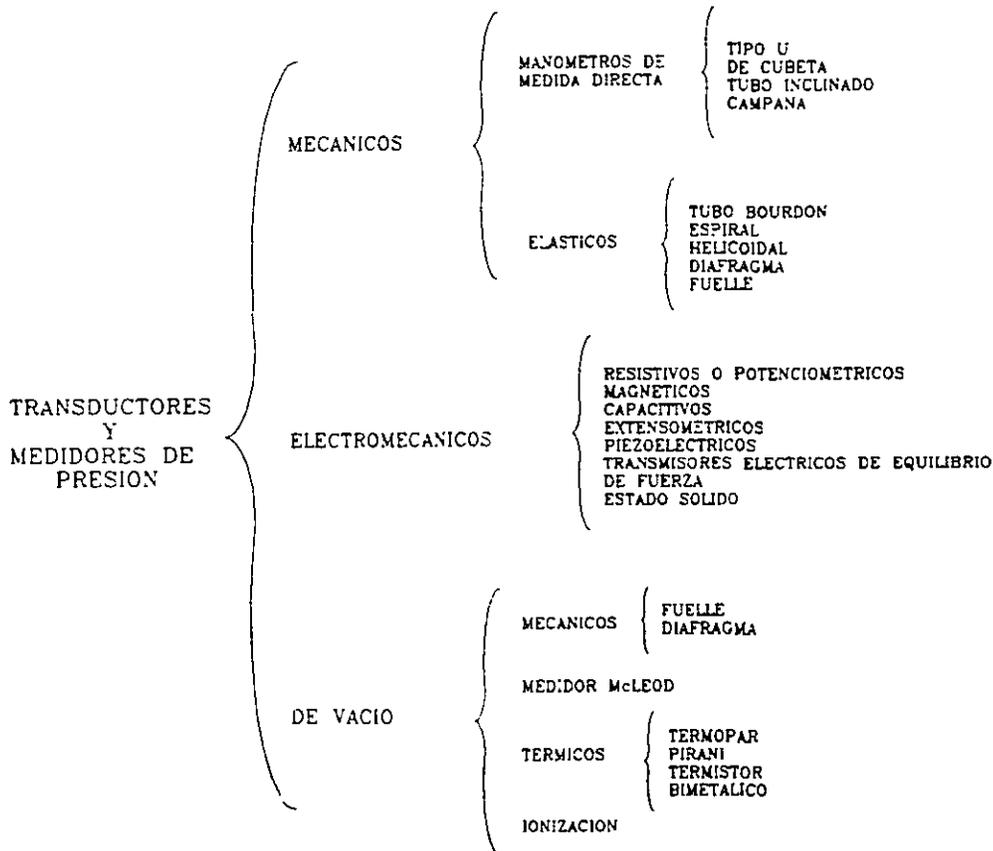
Existen básicamente dos tipos de valores en los que se puede medir la presión, dependiendo de la referencia que se tome, la cual puede ser el cero absoluto o la presión atmosférica, de manera que bajo estas referencias se tiene:

- Presión absoluta.
- Presión diferencial.

**Presión absoluta.** Es la que se mide en relación al cero absoluto de presión, es decir, con respecto al vacío perfecto, por lo que los transductores de presión absoluta son dispositivos que miden la presión absoluta del medio ambiente o de una fuente de presión, teniendo como referencia el vacío.

**Presión atmosférica.** Es la que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre y varía dependiendo del lugar, a nivel del mar la presión atmosférica es de  $760 mmHg$  o 1 atmósfera.

**Vacío.** Se le llama vacío a todas las presiones por debajo de la presión atmosférica.



## Práctica 8

**Presión diferencial.** Es la diferencia entre dos presiones existentes, medidas con transductores o medidores que tienen dos entradas de presión independientes.

**Presión relativa o manométrica.** Es un caso especial de la presión diferencial, solo que una de las fuentes de presión es el medio ambiente, midiéndose así la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica propia del lugar donde se efectúa la medición. Esta presión corresponde a una medición que toma como referencia la presión atmosférica.

Una clasificación de los transductores y medidores de presión es como la indicada en el cuadro sinóptico.

### Elementos Mecánicos

Dentro de la clasificación de los elementos mecánicos se tiene por un lado los elementos de medida directa que funcionan mediante la comparación de la presión a medir con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocida.

En este grupo se encuentran el manómetro tipo U, el de cubeta, el tubo inclinado, el de campana. Algunos de ellos se ilustran en la Figura 1.

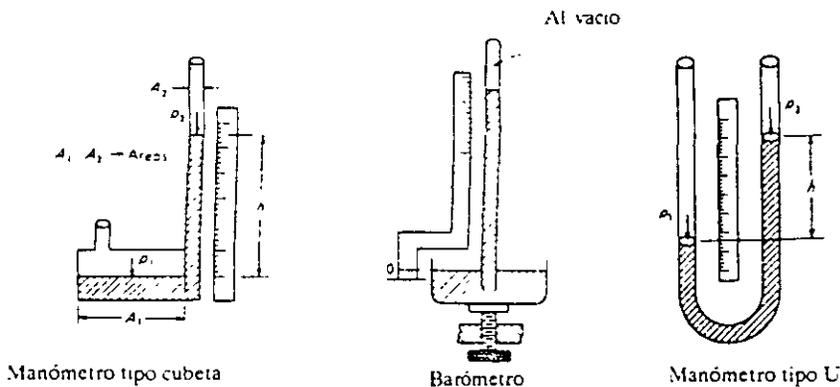


Figura 1

Por otro lado, los elementos primarios elásticos, mostrados en la Figura 2, se basan en aplicar la presión a medir en el interior del dispositivo, el cual tiende a expandirse o comprimirse y este movimiento es transmitido a una aguja indicadora u otro mecanismo de acoplamiento.

Los transductores más representativos de este tipo son el tubo de Bourdon, el diafragma y el fuelle, entre otros.

**El tubo de Bourdon.** Es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste comienza a enderezarse y el movimiento es transmitido a una aguja indicadora por un sector dentado y un piñón. Para el tubo de Bourdon los materiales más usados son: el acero inoxidable, y la aleación de cobre. El elemento en espiral se forma enrollando el tubo de Bourdon en forma espiral alrededor de un eje.

**El diafragma.** Consiste en uno o varios discos circulares que se encuentran conectados rigidamente de forma tal que al aplicar una presión, cada disco se deforma, y la suma de éstos pequeños desplazamientos es amplificada por un par de palancas. Los materiales utilizados en los diafragmas son la aleación de níquel o inconel, la cerámica, el aluminio, y el silicio. Existen diversos tipos de diafragmas tales como corrugado, plano, horizontal, de cápsula, etc.

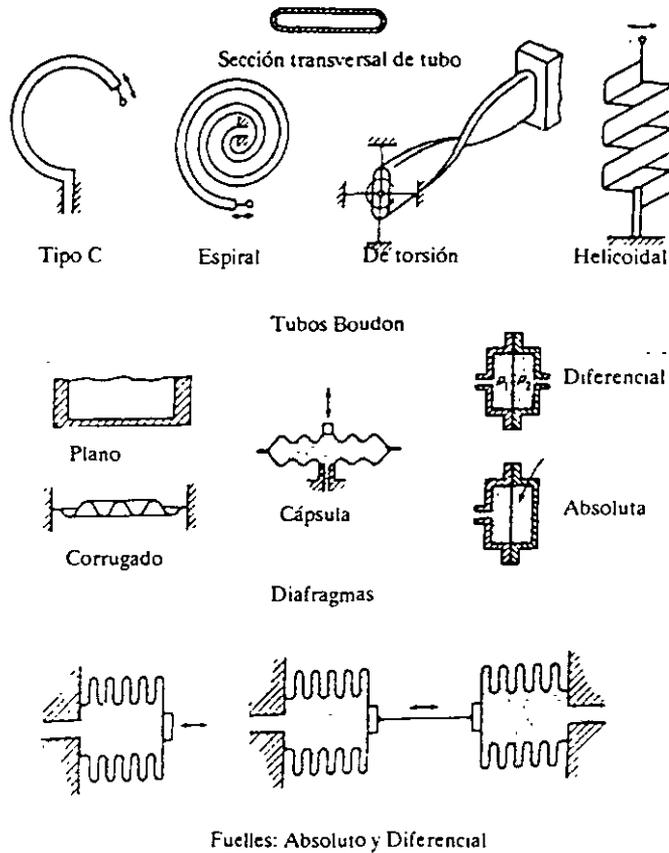


Figura 2

El diafragma de tipo horizontal consiste en un disco circular metálico cuyos bordes se encuentran fijos dentro de una cámara, donde una de las caras del diafragma esta en contacto con el fluido que está bajo presión, lo cual provocará una deformación en el diafragma, que es proporcional a la presión ejercida. Si se utilizan dos diafragmas de este tipo se obtiene un diafragma de cápsula, el cual soporta mayores presiones, ocasionando mayores deformaciones debido a que se conectan en serie los diafragmas, permitiendo medir presiones absolutas y diferenciales.

El **fuelle** es parecido al diafragma de cápsula, pero es una sola pieza flexible axialmente y puede dilatarse y contraerse con un desplazamiento considerable.

### Elementos Electromecánicos.

Los elementos electromecánicos utilizan un elemento mecánico elástico en combinación con un transductor eléctrico el cual genera una señal eléctrica de salida. El elemento mecánico convierte la presión a medir en una fuerza o en un desplazamiento el cual es detectado con el transductor eléctrico.

Dentro de la clasificación de los transductores y/o transmisores utilizados en los elementos electromecánicos se encuentran los Resistivos o Potenciométricos, Magnéticos, Capacitivos, Extensométricos, Piezoeléctricos, Transmisores de equilibrio de fuerza y de Estado sólido

## Práctica 8

**Transductores resistivos o potenciométricos.** Estos se basan en que el desplazamiento provocado por un elemento elástico el cual hace variar la resistencia de un potenciómetro en función de la presión. Existen varios tipos de potenciómetros a utilizar: de grafito, de resistencia embobinada, de película metálica y plástico moldeado. La señal de salida de estos transductores es bastante potente, por lo que no es necesario una etapa de amplificación a la salida, sin embargo son insensibles a pequeñas variaciones del cursor y son sensibles a vibraciones.<sup>1</sup>

**Transductores magnéticos.** Los transductores magnéticos básicamente son de dos tipos:

- Transductores de inductancia variable en los que el desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina varía la inductancia casi proporcional al desplazamiento del núcleo. Dentro de este tipo de transductores también se utiliza el LVDT.<sup>2</sup>
- Transductores de reluctancia variable, en este caso se tiene un imán permanente que crea un campo magnético dentro del cual se mueve una armadura de material magnético. Al cambiar la posición de la armadura varía la reluctancia y por consiguiente el flujo magnético, esta variación del flujo provoca una corriente inducida en la bobina que es proporcional al desplazamiento de la armadura.

Al aplicar la presión al elemento elástico, éste desplaza el núcleo de la bobina o la armadura, generándose una señal eléctrica proporcional a la presión. Un diagrama esquemático de estos transductores se muestra en la Figura 3.

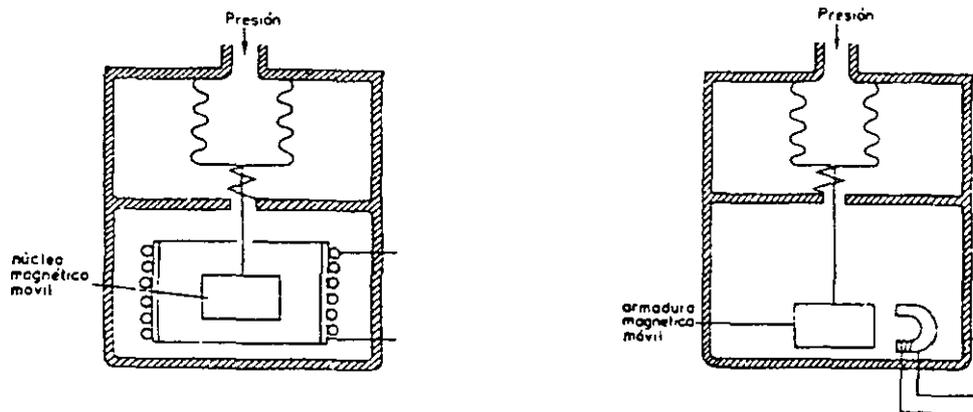


Figura 3

**Transductores capacitivos.** Se basan en la variación de capacidad que se produce en un capacitor al desplazarse una de sus placas por la aplicación de una presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas del transductor, de este modo se tienen dos capacitores, uno de capacidad fija y otro de capacidad variable los cuales pueden medirse con un circuito en configuración puente de ca. Una configuración es la que se muestra en la Figura 4.

Se caracterizan por ser de tamaño pequeño y su robusta construcción, son adecuados para mediciones estáticas y dinámicas, su señal de salida es débil por lo que se requiere una etapa amplificadora a la salida del transductor, son sensibles a la temperatura.

1 Para más detalles ver la Práctica de Transductores de Desplazamiento.

2 Para más detalles ver la Práctica del LVDT.

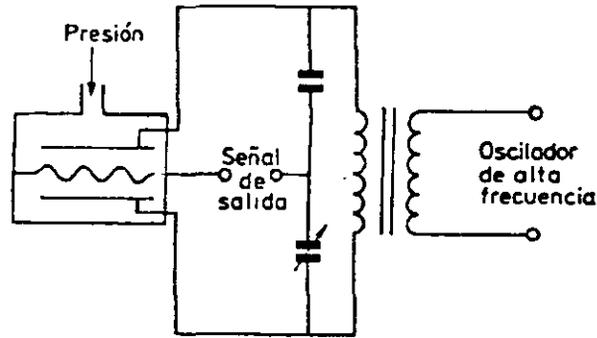


Figura 4

**Transductores extensométricos.** También llamados galgas extensométricas o strain gage. Se basan en la variación de longitud y de diámetro, por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de alambre se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de la presión.<sup>3</sup>

**Transductores piezoeléctricos.** Estos elementos eléctricos, mostrados en la Figura 5, son materiales cristalinos que al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. La señal de respuesta varía en forma lineal con la presión de entrada, son adecuados para medidas dinámicas ya que son capaces de responder a frecuencias del orden de 1 MHz. Son elementos pequeños de construcción robusta sin embargo son sensibles a cambios de temperatura; requiere de amplificadores.<sup>4</sup>

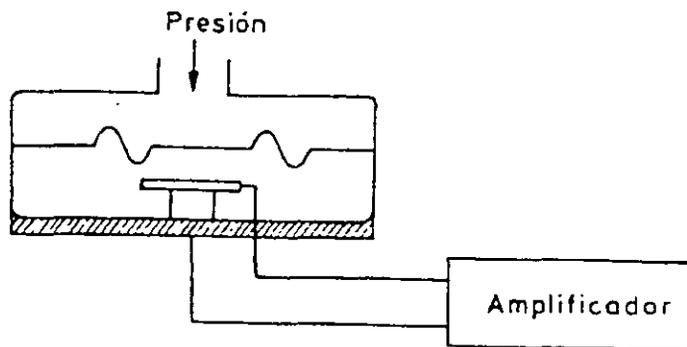


Figura 5

**Transmisores Electrónicos de Equilibrio de Fuerza.** Este tipo de dispositivos utilizan un circuito realimentado, como el de la Figura 6 y básicamente consta de un elemento elástico para detectar la señal de presión, este está acoplado a una barra móvil, el desplazamiento de la barra se detecta mediante un transductor de desplazamiento o de proximidad, la señal eléctrica alimenta a un oscilador del cual se obtiene por un lado la salida proporcional a la presión y por otro también se alimenta a una unidad magnética que reposiciona o equilibra la barra a su posición normal. Un circuito típico es el que se encuentra en la Figura 7.

3 Ver la práctica de Transductores de Fuerza.

4 Una aplicación de este transductor se presenta en la práctica de Aceleración y Velocidad.

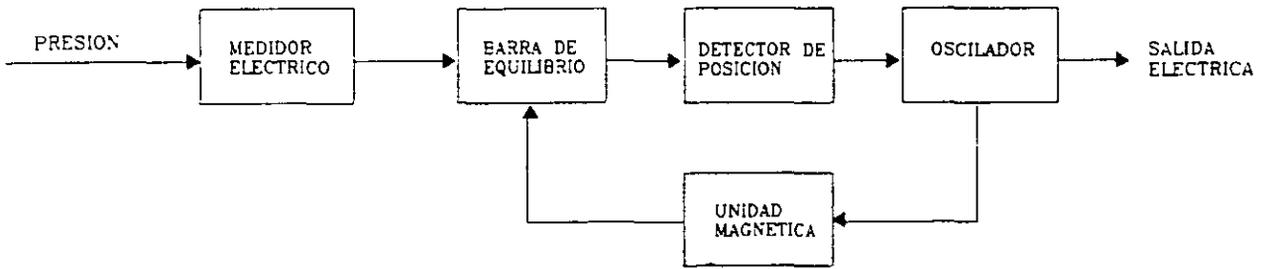


Figura 6.

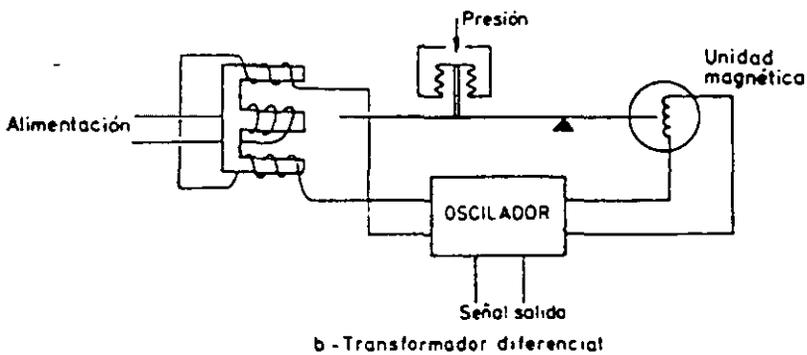
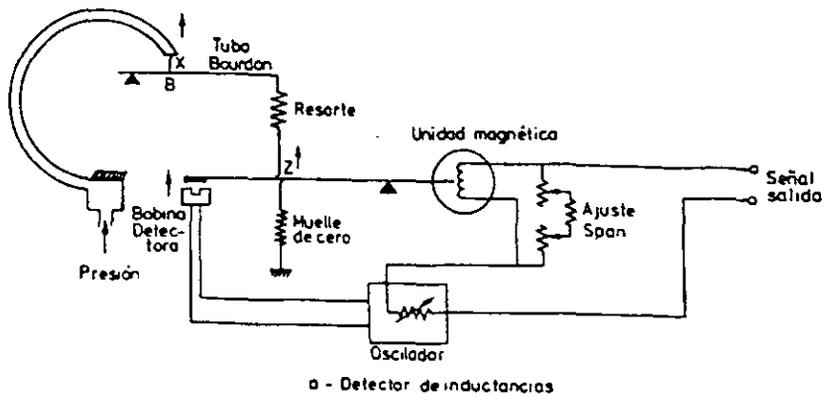


Figura 7

**Transductores de Presión de Estado Sólido o Monolítico.** Estos dispositivos reúnen en un solo dispositivo las funciones de conversión presión-desplazamiento-voltaje y se basan en principios tales como capacitivos, piezoeléctricos, piezorresistivos y de semiconductor, el funcionamiento de algunos de ellos se ha explicado anteriormente, la diferencia radica en que son elementos de estado sólido y por tanto de tamaño reducido.

Dentro de esta clasificación se encuentran los transductores de presión de semiconductor del tipo diferencial, que es el utilizado en esta práctica.

Su funcionamiento se basa en el fenómeno de la piezorresistividad; que es la propiedad que poseen ciertos materiales de cambiar la propia resistencia cuando sufren deformaciones.

En estos dispositivos se tienen resistencias conectadas en configuración de puente de Wheatstone, las cuales se obtienen mediante difusión sobre un soporte de silicio; cuya parte inferior - en una segunda fase- es sometida a una reacción química para crear el diafragma

La celda constituida por el puente va soldada electrostáticamente a un soporte de vidrio, de manera que quede desacoplada mecánicamente del ambiente exterior. El voltaje de salida del puente variará al cambiar la presión ejercida sobre el diafragma de silicio.

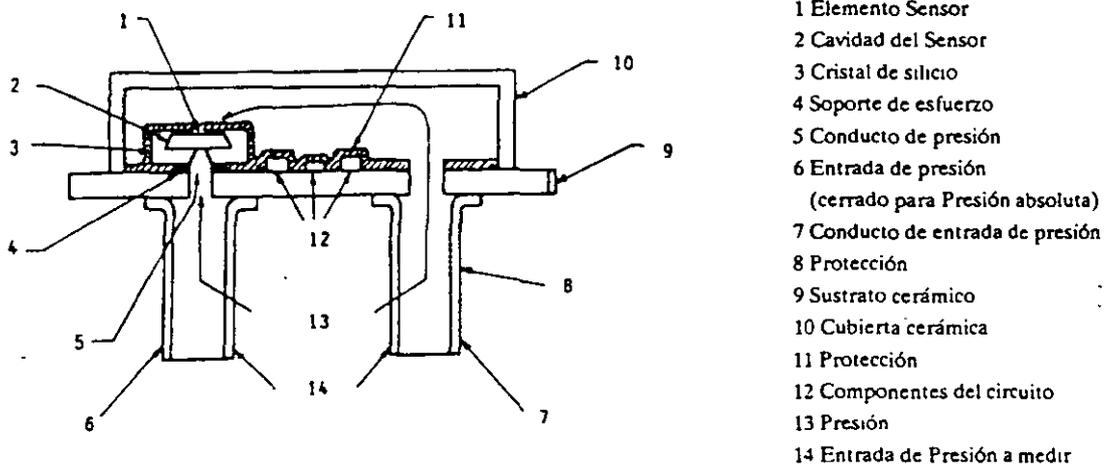


Figura 8

La Figura 8 muestra la estructura básica de un transductor de presión diferencial de semiconductor.

Las ventajas que ofrece este sensor son las reducidas dimensiones (cerca de un décimo en relación con otros transductores monolíticos), las buenas características eléctricas y el bajo costo del elemento sensible.

Las desventajas residen en la elevada variación de sensibilidad en función de la temperatura y en el hecho de que la parte sensible queda expuesta al fluido que se está midiendo.

Para evitar estas limitaciones, los transductores incluyen resistores trimer (realizados normalmente con los láser) que reducen las tolerancias de cero y la sensibilidad.

Para mejorar la linealidad, los cuatro resistores se conectan en configuración de puente (activo); el cual opera con voltaje constante.

Por otro lado, las características del transductor utilizado son las siguientes:

- Diferencial, con la posibilidad de funcionar como manómetro si se deja una de las entradas a la presión atmosférica.

## Práctica 8

- Campo de medidas comprendido entre 0 y 15 psi (o sea, entre 0 y 1.02 atm).
- Linealidad más elevada de  $\pm 0.25\%$  a plena escala.
- El transductor sólo puede emplearse para mediciones con gases.

**Transductores y Medidores de Vacío.** Los transductores electrónicos de vacío son muy sensibles y se emplean para medidas de alto vacío. Se tienen del tipo mecánico, medidor McLeod, térmicos y de ionización.

**Transductores mecánicos de fuelle y de diafragma.** Estos transductores miden la presión diferencial de la atmósfera y del proceso y por ser mecánicos están limitados a mediciones que no son de alto vacío, esto es, abarcan valores hasta de  $1\text{ mmHg}_{\text{abs}}$ . Están acoplados a un transductor elástico como el extensómetro o el capacitivo para detectar el desplazamiento provocado por la presión diferencial.

**Medidor McLeod.** Se utiliza como aparato de precisión en la calibración de los restantes instrumentos. Se basa en comprimir una muestra de gas de gran volumen conocido a un volumen más pequeño y a una presión suficientemente alta para leerla con un manómetro, la Figura 9 muestra la configuración básica. No se recomienda usarlo para mediciones a base abajo de  $10^{-4}\text{ mmHg}$ , pero usando técnicas de división de presión se puede utilizar como estándar de rangos más bajos.

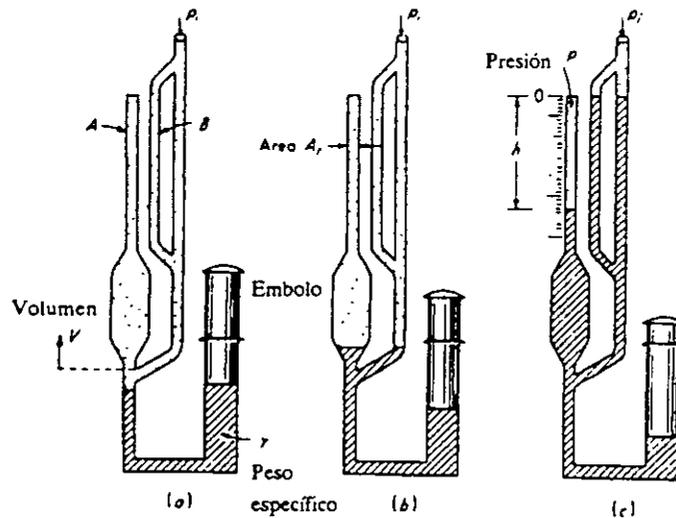


Figura 9.

**Transductores térmicos.** Se basan en el principio de la proporcionalidad entre la energía disipada desde la superficie caliente de un filamento calentado por una corriente constante y la presión del gas ambiente cuando el gas está a bajas presiones absolutas.

**Transductor de vacío de termopar.** Cuando la presión de un gas es suficientemente baja de manera que la trayectoria libre de moléculas es grande comparada con las dimensiones del medidor, existe una relación lineal entre la presión y la conductividad térmica. Las dimensiones adecuadas del medidor están dadas por el espaciado entre las superficies caliente y fría.

El Transductor de termopar se muestra en la Figura 10, tiene una superficie caliente que es una lámina delgada de metal cuya temperatura varía de acuerdo con una corriente que pasa a través de ella. Dependiendo del gas y la corriente, la temperatura se mide con un termopar soldado a la superficie caliente. Por otro lado la superficie fría es el tubo de vidrio que está a la temperatura ambiente.

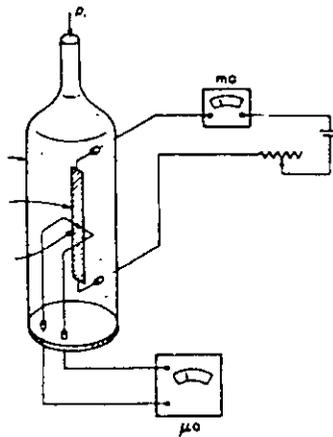


Figura 10.

**Transductor Pirani o de Resistencia** . Se muestra en la Figura 11 y utiliza un puente Wheatstone que compara las resistencias de los dos filamentos de tungsteno, uno sellado en alto vacío dentro de un tubo y el otro en contacto con el gas medido. La corriente que fluye por la resistencia la calienta a una temperatura que depende de la presión del gas. La resistencia eléctrica del elemento cambia con la temperatura y este cambio causa que el puente quede desbalanceado. El puente se utiliza como un dispositivo de deflexión en lugar de un detector de cero. Cualquier cambio en la presión causará un desbalance en el puente.

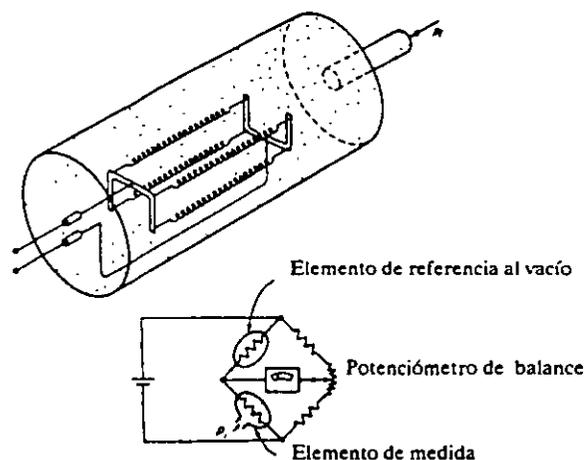


Figura 11

Tiene la ventaja de ser compacto y sencillo de funcionamiento, utilizándolo también a la presión atmosférica sin peligro de combustión. Tiene el inconveniente de que su calibración depende de la composición del gas medido, su intervalo de medida es de  $2 \times 10^{-3} \text{ mmHg}$ .

## Práctica 8

**Transductor de vacío de termistor.** Opera bajo el mismo principio que el Pirani excepto que los elementos de resistencia son materiales semiconductores sensibles a la temperatura llamados termistores. Son usados en el rango de  $10^{-4}$  a  $1 \text{ mmHg}$ .

**Transductor bimetalico.** Utiliza una espiral bimetalica calentada por una fuente de voltaje estabilizada. Cualquier cambio en la presión produce una deflexión de la espira, que a su vez está acoplada a un índice que señala en la escala el vacío, su intervalo de medida es de  $1 \times 10^{-3} \text{ mmHg}$ .

**Medidores de Ionización.** En un medidor de ionización se emite un flujo de electrones de un cátodo, algunos de ellos chocan con las moléculas del gas, haciendo que electrones secundarios abandonen las moléculas del gas como iones positivos. El número de iones positivos formados es directamente proporcional a la corriente de electrones  $i_e$  y directamente proporcional a la presión del gas.

Si la corriente  $i_e$  se mantiene fija, la velocidad de producción de iones positivos (generadores de la corriente de ión  $i_i$  de un gas es una medida directa del número de moléculas de gas por unidad de volumen y por tanto de la presión. Los iones positivos son atraídos a un electrodo cargado negativamente el cual los recolecta y genera la corriente de ion  $i_i$ .

En la Figura 12 se muestran los elementos básicos de un medidor de ionización de cátodo caliente. Cubre un rango de  $10^{-10}$  a  $1 \text{ mmHg}$ .

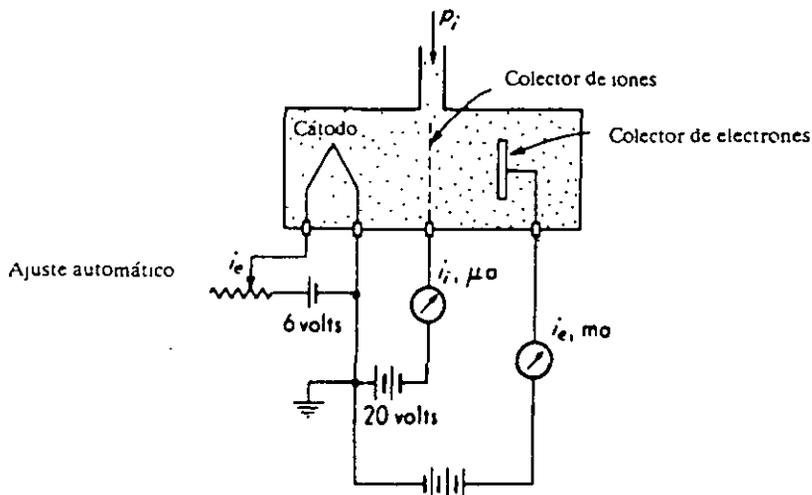


Figura 12

### PARAMETROS DEL TRANSDUCTOR DE PRESION.

Existen diversas características que son importantes conocer a fin de darle al transductor el mejor empleo, entre ellas se encuentran:

- Tipo de presión a medir (absoluta o diferencial).
- Sustancia (líquida o gas) con la que el transductor puede estar en contacto.

- Rango de medida, que corresponde al cambio de presiones que el sensor es capaz de medir sin alterar la medición.
- Sobrepresión, que es el valor de presión máxima aplicada al transductor sin que sufra daños.
- Temperatura de operación, que es el rango de temperatura especificado por el fabricante para que el transductor opere adecuadamente, también se debe tomar en cuenta que la temperatura de la sustancia no exeda este rango.
- Linealidad es la desviación de la respuesta del transductor con respecto al modelo ideal.
- Resolución es la menor variación de la magnitud de entrada para la cual es posible tener variaciones apreciables en la salida.
- Estabilidad es la capacidad del transductor para mantener el valor de la señal de salida cuando el de la entrada se mantiene constante, se expresa en porcentajes de escala máxima .
- Repetibilidad es la capacidad de transductor para reproducir la señal de salida cuando se presenta a la entrada una misma señal en diferentes instantes.
- Voltaje de excitación es el valor de excitación al transductor.
- Sensibilidad que indica la relación entre la variación del voltaje de salida con respecto a las variaciones de presión, se expresa en  $V/psi$  o  $V/mmHg$ .

#### DESCRIPCION DEL EQUIPO.

El equipo está constituido por 2 partes fundamentales, el módulo acondicionador de la señal G24 y la unidad MIL 27 en la cual están montados el transductor de presión y el compresor manual el cual genera la presión patrón. Las dos partes quedan interconectadas a través de un cable. La Figura 13 muestra la disposición del equipo.

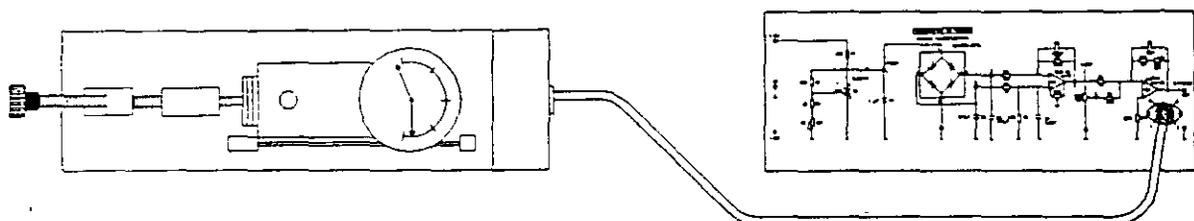


Figura 13

UNIDAD MIL 27.

La unidad MIL 27 se muestra en la Figura 14 que está compuesto por un compresor de aire manual, el cual comprime el aire dependiendo de la posición de la perilla; un manómetro que indica la presión del aire y se toma como lectura de referencia; una válvula de escape y el transductor de presión.

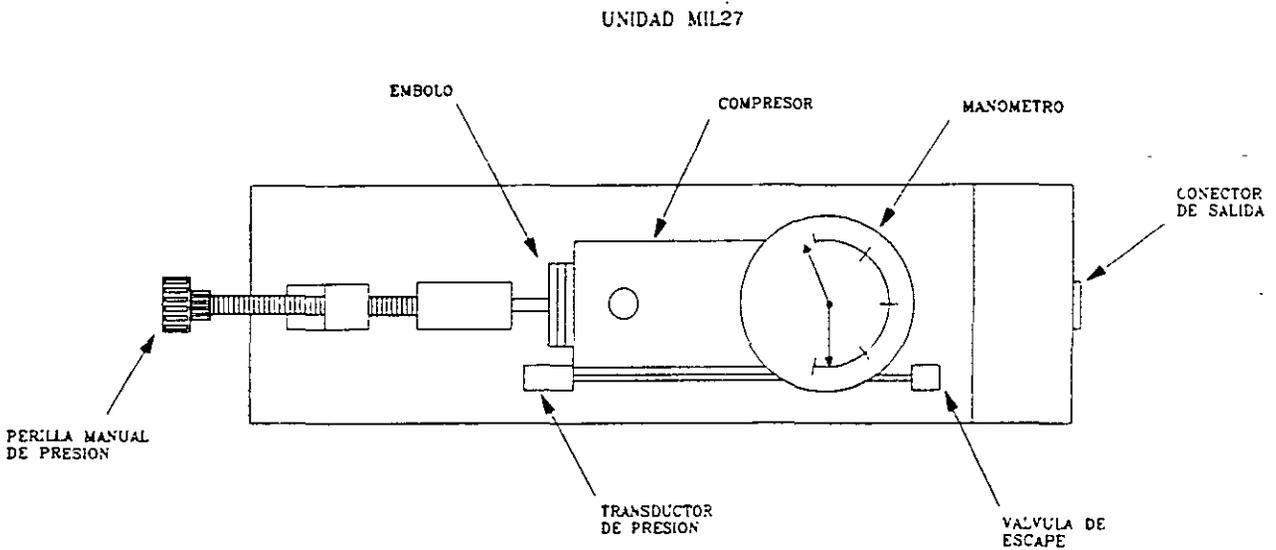


Figura 14

La unidad MIL 27 genera presiones de 0 a 2 bar, con límite en 2.5 bar. La perilla manual se utiliza para empujar el émbolo, en sentido horario se comprime el aire y la presión se indicará en el manómetro. La válvula de escape se utiliza para dejar salir totalmente el aire contenido en el compresor, desatornillando la cubierta y presionando el pivote en el interior.

ACONDICIONADOR DE LA SEÑAL.

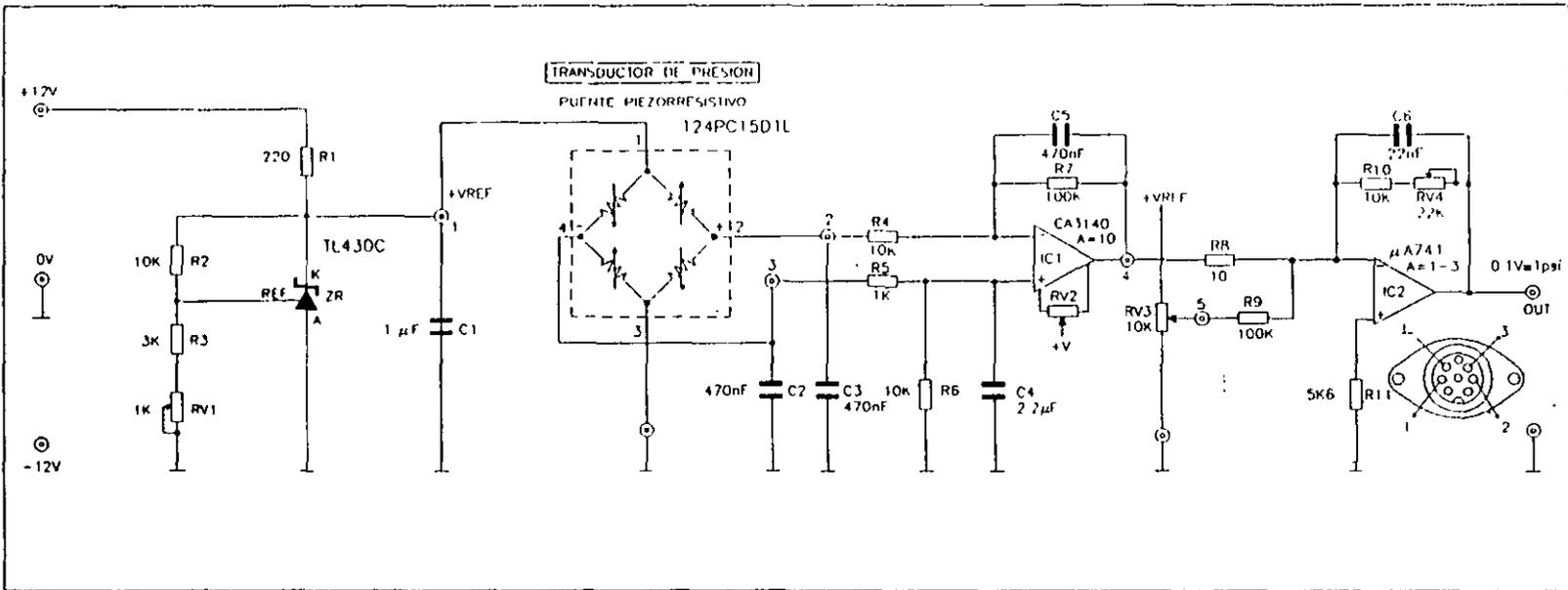
El acondicionador de la señal para el transductor monolítico de semiconductor es simple, debido a que la señal que el sensor proporciona a la salida es suficientemente elevada. El acondicionador incluye potenciómetros para calibrar a cero y realiza una pequeña amplificación con el fin de adaptar las escalas. El diagrama esquemático se muestra en la Figura 15.

La señal de excitación se logra por medio de un regulador TL430C, cuya variación de voltaje con respecto a la temperatura es de 0.1%, por lo que resulta despreciable respecto a la variación porcentual de la salida del transductor, la regulación del voltaje de excitación se realiza mediante el trimmer Rv1.

La etapa de lectura está constituida por un amplificador diferencial, (CA3140) con una ganancia de 10.

El operacional IC1 está provisto de un potenciómetro Rv2 para ajustar a cero el voltaje de "offset", la señal de salida del amplificador diferencial pasa a una etapa de amplificación (operacional IC2  $\mu$ A741) cuya función es la de adaptar las escalas y la de anular el "offset" del transductor, para lo cual está previsto una amplificación regulable por medio del potenciómetro Rv4 (con ganancia de 1 a 3) y una regulación de "offset" variable de 0 a 1.2 V mediante el trimmer Rv3, obteniéndose a la salida un voltaje que es proporcional a la presión con relación  $100 \text{ mV} = 1 \text{ psi}$ .

Figura 15



Los amplificadores del acondicionador también realizan una función filtrante, con el fin de eliminar ruidos presentes en la salida, la presencia de este filtro no afecta el funcionamiento del sistema, ya que las variaciones de presión son siempre muy lentas, las frecuencias de corte de los filtros es de aproximadamente 30 Hz.

## OBJETIVOS

- Conocer el principio de funcionamiento de los transductores y medidores de presión
- Analizar y comprender al comportamiento del transductor de presión de estado sólido, así como su acondicionador de señal.
- Determinar la respuesta y parámetros principales del medidor de presión.

## MATERIAL

- Unidad MIL27
- Módulo G24
- Fuente de alimentación PS1
- Voltmetro digital
- Termómetro
- Banco de focos
- Circuitos de lámparas incandescentes
- Cables de conexión

## EXPERIMENTO 1: CALIBRACION

- Alimentar al módulo con  $\pm 12V$  y tierra con la fuente PS1.
- Verificar que el voltaje  $V_{ref}$  en el borne 1 sea de 1V, de lo contrario ajustar con el potenciómetro RV1 hasta ajustar dicho voltaje.
- Conectar las entradas del amplificador diferencial IC1 a tierra (bornes 2 y 3) y verificar que el voltaje a la salida del amplificador diferencial IC1 (en el borne 4) sea 0 V, de no ser así ajuste con el potenciómetro RV2.

- Girar la perilla manual de presión en sentido antihorario, de manera que quede lo más afuera posible.
- Abrir la válvula de seguridad de la unidad MIL27 y oprimir su pivote para asegurarse de que no haya aire almacenado en el compresor.
- Verificar que la aguja del manómetro indique 0 bar de presión.
- Verificar que el voltaje a la salida del amplificador diferencial IC2 sea de 0V, de no ser así ajustarlo con el potenciómetro RV3.
- Quitar los cables de los bornes 2 y 3 a tierra.
- Colocar la válvula de seguridad y generar una presión de 0.14 bar.
- Verificar que el voltaje de salida del módulo Vout sea de 200mV con respecto a tierra, de lo contrario ajustarlo con el potenciómetro RV4. Si no se consigue, utilizar el potenciómetro RV3 y nuevamente el potenciómetro RV4 para una ajuste más fino.

**EXPERIMENTO 2: OBTENCION DE LA CURVA PRESION- VOLTAJE**

- Una vez calibrado el módulo del acondicionador de la señal, colocar el voltmetro digital a la salida Vout.
- Asegurarse de que esté puesta la válvula de seguridad y generar la presión en intervalos de 0.2 bar hasta el máximo valor de presión que se consiga. Es importante tomar la temperatura ambiente.
- Tomar los datos del voltaje en Vout y asentarlos en la Tabla 1.
- Determine cuál es el valor mínimo de presión aplicada que produce un voltaje de salida.

PRESION	VOLTAJE

Tabla 1.

---

**EXPERIMENTO 3: DETERMINACION DE LA CURVA PRESION-VOLTAJE AL VARIAR LA TEMPERATURA DEL TRANSDUCTOR DE PRESION.**

- Una vez calibrado el módulo del acondicionador de la señal, calentar por 25 minutos el transductor de presión mediante focos o lámparas.
- Colocar el voltmetro en  $V_{out}$  y tomar la temperatura del transductor.
- Tomar las lecturas de los voltajes con intervalos de 0.2 bar y asentarlas en la Tabla 2.

Temperatura	PRESION	VOLTAJE

Tabla 2

**ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS.**

- 1.- ¿Qué tipo de presión mide el transductor utilizado?
- 2.- ¿Cuál es la sustancia (líquido o gas) que mide el transductor?
- 3.- ¿Cuál es el rango de medida?
- 4.- Grafique la curva característica del medidor presión-voltaje.
- 5.- Con base a la gráfica anterior determine la linealidad.
- 6.- ¿Cuál es la resolución del medidor?
- 7.- Determine la sensibilidad del medidor de presión.
- 8.- ¿En qué afecta la temperatura?.
- 9.- Compare los datos obtenidos con los especificados por el fabricante, incluidos en el Apéndice A.

## TRANSDUCTORES DE LUMINOSIDAD

Los componentes optoelectrónicos han tenido una amplia difusión en la electrónica moderna. Se han usado en gran medida en el proceso de conversión de energía mecánica en señales electrónicas y, por su funcionamiento como transformadores de señales ópticas en señales o energía eléctrica (corriente o voltaje) ayudando en la solución de muchos problemas. Como ejemplos de algunas aplicaciones clásicas se pueden mencionar las siguientes:

Barreras luminosas para el control de producción.

Dispositivos de protección

Aparatos de control y regulación luminosa.

Alarmas de incendio

Exploración de fichas y cintas perforadas

Posicionadores de máquinas herramientas (medición de longitudes, ángulos y posiciones)

Inspección de instrumentos ópticos y de procesos de encendido

Conversión de la energía luminosa en energía eléctrica.

Los transductores de luminosidad son fabricados de elementos semiconductores (silicio, germanio o arseniuro de galio), existen en particular tres tipos: fotodiodos, fotorresistencias y fototransistores.

Estos transductores son capaces de variar sus condiciones de operación eléctrica de acuerdo a la cantidad de luminosidad que incide sobre el semiconductor produciendo señales eléctricas que pueden ser interpretadas y manipuladas si son conectados adecuadamente a circuitos electrónicos.

El tipo radiación luminosa que pueden detectar los sensores varía de acuerdo con el material con el que se fabrican, de aquí que se puedan tener transductores que respondan al rango de la radiación ultravioleta, de la luz visible o del infrarrojo. La radiación luminosa se encuentra localizada en una región del espectro electromagnético cuyas velocidades de propagación son iguales en el vacío, diferenciándose por sus longitudes de onda y por consiguiente por su frecuencia ( $C_0 = \lambda \gamma$ , donde  $C_0$  es la velocidad de propagación en el vacío,  $\lambda$  la longitud de onda y  $\gamma$  la frecuencia de la onda). Parte del espectro electromagnético en el que se encuentran las ondas de frecuencias mencionadas se muestra en la figura 1.

En la zona marcada como radiación luminosa de la figura 1 se hayan comprendidas las regiones infrarroja, visible y ultravioleta, en donde la región visible es la que detecta el ojo humano, estando sus límites en aproximadamente las longitudes de onda de  $0.43 \mu m$  y  $0.63 \mu m$ .

Práctica 9

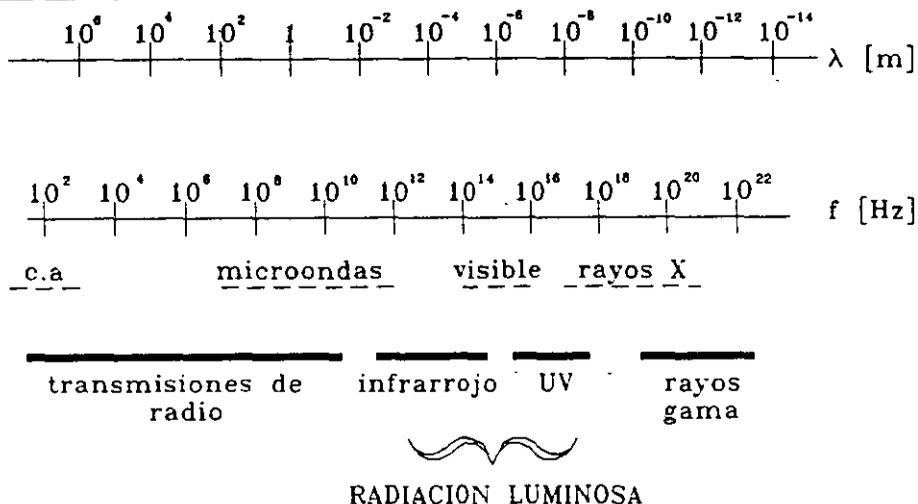


Figura 1. Espectro en frecuencia algunas ondas electromagnéticas.

**Materiales semiconductores**

En general los elementos se pueden clasificar en tres grupos:

- Materiales aislantes
- Materiales conductores
- Materiales semiconductores

Los átomos de éstos materiales forman estructuras cristalinas y sus electrones se agrupan en niveles de energía, los cuales a su vez forman dos bandas: la banda de valencia y la banda de conducción.

La banda de valencia está formada por los electrones que necesita el átomo del material para ser eléctricamente neutro; mientras que la banda de conducción esta compuesta por los electrones que pertenecen a átomos que habiendo completado su último orbital, compartiendo sus electrones con los átomos cercanos, se pueden desprender del átomo con una pequeña energía. En la figura 2 se muestran las bandas de niveles de energía para los tres tipos de materiales, en la que se observa que para los aislantes la banda de conducción se encuentra vacía y la de valencia llena, para los conductores la banda de valencia se encuentra llena y la banda de conducción contiene una gran cantidad de electrones con posibilidad de moverse, y para los materiales semiconductores se observa que la banda de valencia se encuentra semillena, encontrándose el resto de los electrones en la banda de conducción.

Hay que mencionar que para los tres tipos de materiales en estado puro, el potencial necesario para arrancar del átomo a un electrón de la banda de valencia debe ser muy grande, con lo que, antes de mover al electrón se rompería la estructura cristalina. En el caso particular de los conductores, en la banda de conducción se encuentran una gran cantidad de electrones, por lo que al someter el material a un potencial éstos pueden moverse fácilmente.

Los átomos de los materiales semiconductores son de valencia 4, por lo que la red cristalina que forma es en forma de un tetraedro, completando su último orbital con la formación de enlaces covalentes con los átomos vecinos. En la figura 3 se muestra la estructura cristalina para los átomos de los materiales semiconductores. Los materiales semiconductores, en particular, tienen poca capacidad de conducción en estado puro, sin embargo si se modifica la estructura cristalina agregando átomos de otros elementos (por difusión) durante el

proceso de fabricación (de forma tal que los átomos de la mezcla pertenezcan del todo al cristal), se puede lograr que la distancia energética que existe entre las bandas de valencia y de conducción se reduzca y por tanto el salto de los electrones de la banda de valencia a la de conducción puede ser provocado por potenciales pequeños (en el caso de los dispositivos optoelectrónicos es posible por medio de radiación luminosa).

El comportamiento del material semiconductor puede cambiar de acuerdo con el elemento que se agregue, de tal forma que si el material es de valencia 5 (comunmente se usan antimonio, azufre ó fósforo), en la estructura cristalina se formarán con los átomos de ambos materiales cuatro enlaces con los electrones de ambos y un electrón del átomo de impureza quedará atado con menos fuerza; si esto sucede con todos los átomos de la estructura, entonces el material contendrá una gran cantidad de portadores (donores ó cargas libres); este material recibe el nombre de material tipo N.

Cuando al material semiconductor se le agrega un material de valencia 3 (comunmente se usan aluminio, boro, galio o indio), en la estructura cristalina se formarán, con los electrones de los átomos de ambos materiales, tres enlaces, quedando sin cubrir una carga positiva, con lo que el material contará con una gran cantidad de átomos aceptores (huecos); el material descrito es llamado material tipo P.

El material tipo N se dice que contiene cargas positivas fijas y cargas negativas móviles, mientras que el material tipo P tiene cargas negativas fijas y cargas positivas móviles. Por lo general con los semiconductores se elaboran dispositivos electrónicos a partir de la unión de dos o más de estos materiales, como ejemplos se pueden mencionar los diodos con unión P-N y los transistores con uniones P-N-P y N-P-N. Otra manera de hacer que en el material semiconductor existan mayor número de portadores libres es aumentando la temperatura del cristal, sin embargo, la cantidad de donores o aceptores producidos es muy pequeño.

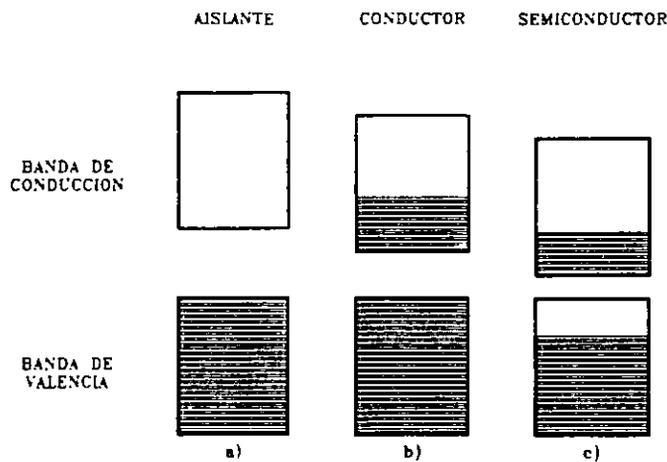


Figura 2. Bandas de niveles de energía para los aislantes (a), los conductores (b) y los semiconductores (c)

**Fotoconductividad**

Los potenciales usados para hacer que los materiales semiconductores entren en la región de conducción, son obtenidos de fuentes de voltaje de corriente continua, sin embargo en el caso particular de los transductores de luminosidad se usa el "Efecto Fotoeléctrico", que consiste en la generación de pares electrón-hueco en los semiconductores cuando estos materiales se hallan expuestos a radiaciones luminosas, aumentando de esta forma la propia conductividad (fotoconductividad).

La fotoconductividad se explica considerando que la conductividad de un material es proporcional a la concentración de portadores de carga presentes.

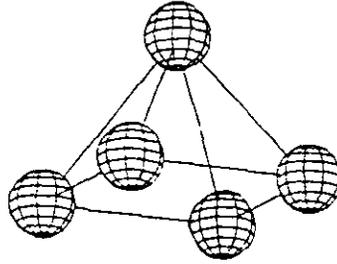


Figura 3. Formación cristalina de los semiconductores, en forma de tetraedro

La energía radiante que llega hasta un elemento de material semiconductor provoca la ruptura de los enlaces covalentes, generando pares hueco-electrón en exceso respecto a los que se crean por agitación térmica.

El incremento de los portadores de carga hace disminuir la resistividad del material; aumentando de este modo la conductividad.

Si un material semiconductor con impurezas (ya sea donoras o aceptoras) es alcanzado por un fotón (de suficiente nivel energético), se producen pares electrón-hueco; dando lugar, así, a la excitación intrínseca, un fotón puede excitar a un electrón donador a la banda de conducción, del mismo modo que un hueco de valencia puede ser llevado al nivel de aceptor, conociéndose estos dos fenómenos como transición de impurezas. Las transiciones provocadas por un fotón de suficiente nivel energético se indican en el diagrama de energía de la figura 4.

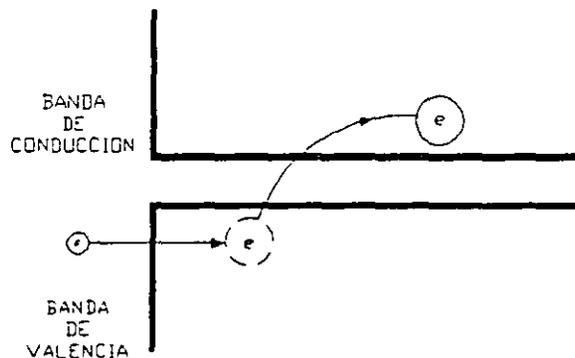


Figura 4. Fotoexcitación en un semiconductor.

### Fotorresistencias.

También se les llama fotoconductores o celdas fotoconductoras, son componentes pasivos de semiconductores privados de uniones. Cuando son expuestos a una radiación luminosa su resistencia varía debido al efecto fotoconductorivo.

En la oscuridad los fotorresistores se comportan como aislantes, presentando valores de resistencia del orden de los megaohms, por el contrario si son iluminados intensamente su resistencia decrece al orden de los ohms, aumentando así su conductividad.

En el caso de esta práctica se usa la fotorresistencia NSL-467, sus principales características son las siguientes:

1. La respuesta espectral corresponde a una longitud de onda de  $0.55 \mu$  (zona del espectro visible)

2. La Resistencia sin radiación luminosa (resistencia oscura)  $4\text{ M}\Omega$ .

3. Voltaje máximo de pico 250 volts y potencia máxima 100 mW.

### Fotodiodos

Los fotodiodos son dispositivos semiconductores que contienen una unión p - n. En la oscuridad se comporta como un diodo normal, tanto polarizado en directa como en inversa. Al exponer la unión (con polarización inversa) a una radiación luminosa, se puede observar un aumento de portadores minoritarios (huecos en el material n y electrones en el material p) por lo que la corriente inversa aumenta proporcionalmente a la intensidad luminosa.

El fotodiodo usado es el TIL 38 con las siguientes características:

1. Corriente oscura  $50\text{ nA}$ , con un voltaje de inversa de 10 V

2. Potencia disipada 150 mW.

### Fototransistor

El fototransistor es un dispositivo cuya base es fotosensible, encontrando su mayor sensibilidad espectral próxima al extremo infrarrojo del espectro visible, de aquí que sean usados para detectar la luz emitida por lámparas incandescentes.

Cuando uno de estos dispositivos se expone a una radiación, a través del colector circula una corriente proporcional a dicha radiación.

El fototransistor usado en la práctica es un transistor tipo NPN TL 81, sus principales características son:

1. Corriente oscura  $20\text{ }\mu\text{A}$  a una polarización de 10 V y con corriente de base de  $I_B = 0$ .

2. Voltaje colector emisor de saturación 0.2 V.

### DESCRIPCION DEL EQUIPO.

La práctica se desarrollará en dos etapas, en la primera se estudiará la respuesta de una fotorresistencia, un fotodiodo y un fototransistor, mientras que en la segunda se emplea un control de luminosidad usando los fotosensores.

El equipo a usar en la primera parte es el módulo G11 (que contiene los circuitos de polarización) y la unidad luminosa TY 12/EV (donde están los sensores y la fuente de iluminación).

Los fotosensores están colocados en la unidad luminosa TY 12/EV, el conector usado permite que no sean polarizarlos accidentalmente en inversa. La fuente de radiación luminosa es una lámpara incandescente, que puede ser desplazada y con ello variar la intensidad luminosa que incide sobre los sensores. Para reducir los efectos causados por la reflexión, las paredes de la unidad TY 12/EV son de color negro. La figura 5 muestra la posición de los sensores de iluminación y las posiciones en las que es posible colocar la fuente de radiación.

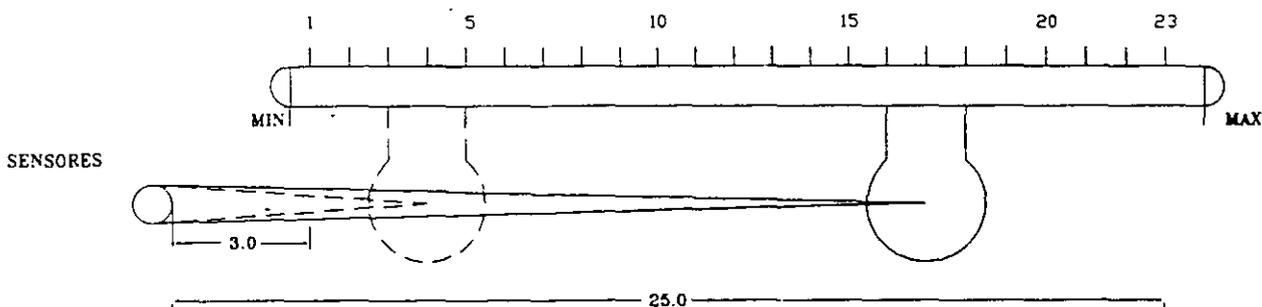


Figura 5. Posición de los sensores de iluminación y de la fuente de radiación en la unidad TY12/EV.

La lámpara usada tiene filamento de tungsteno y se alimenta con 24 Volts dc, la intensidad luminosa que presenta es de 3 candelas (1 candela =  $1 \frac{\text{lumen}}{\text{estereorradián}}$ ), tiene 3 mm de lado, por lo que se puede considerar como puntual cuando se halle a más de 3 cm del sensor. Tomando esta hipótesis y la potencia que absorbe la lámpara (3.696 watts) puede calcularse el valor de la irradiación de la siguiente forma:

$$H_T = \frac{P_{irr}}{4 \pi d^2} = \frac{3.5}{4 \pi d^2}$$

Donde:  $H_T$  es la irradiación  
 $P_{irr}$  es la potencia irradiada

En la unidad TY 12/EV se indican las distancias que separan la lámpara del sensor. La posición 1 corresponde a una distancia efectiva de 3 cm y la posición 23 a 25 cm. En la tabla 1 se muestran los valores de iluminación que corresponde a cada posición de la lámpara.

Los circuitos de polarización y conexiones están en el módulo G11 en el que se tienen las conexiones que se muestra en la figura 6.

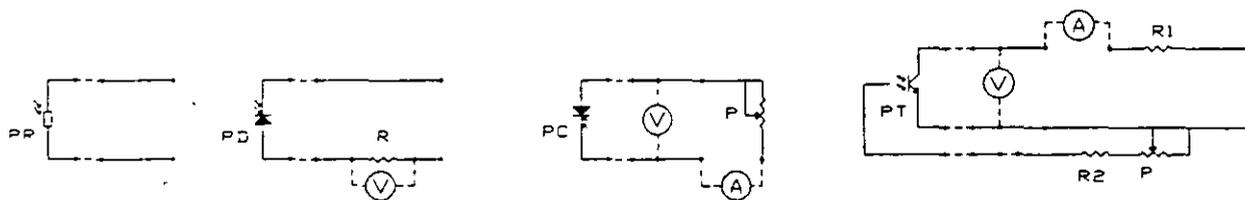


Figura 6. Circuitos de polarización del módulo G11.

Para el transductor foterresistivo PR no es necesario un circuito de polarización, debido a que se medirá la variación de la resistencia al variar la intensidad luminosa que incide sobre éste.

El fotodiodo PD ha sido polarizado en inversa (0-30 Volts) con una resistencia en serie de 100 KΩ como carga. Los cambios de corriente inversa debidos a las variaciones de irradiación provocan en la resistencia una variación en la caída de voltaje, la que puede medirse con el voltmetro.

El fototransistor PT está conectado como emisor común, como carga se conectó al colector una resistencia R1 de 560 Ω y puede ser polarizado entre 0 y 30 V.

POSICION DE LA LAMPARA	DISTANCIA EFECTIVA (mm)	IRRADIACION ( $\frac{\mu W}{mm^2}$ )
30	22.92	5.599
35	27.90	3.778
40	31.36	2.991
45	37.08	2.139
50	45.15	1.655
55	47.40	1.309
60	52.11	1.083
65	56.15	0.933
70	62.37	0.756
75	67.48	0.646
80	72.25	0.563
85	77.11	0.495
90	80.63	0.452
95	85.69	0.401
100	90.51	0.359
105	95.93	0.320
110	100.66	0.290
115	106.03	0.262
120	110.35	0.242
125	115.96	0.219
130	120.18	0.204
135	126.19	0.185
140	130.53	0.173
145	136.37	0.158
150	140.80	0.148
155	145.92	0.138
160	151.20	0.129
165	155.10	0.122
170	160.12	0.115
175	164.73	0.108
180	170.49	0.101
185	175.48	0.096
190	180.30	0.090
195	185.73	0.085
200	190.15	0.081
205	195.17	0.077
210	201.43	0.072
215	205.17	0.070
220	210.27	0.067
225	215.28	0.063
230	220.45	0.061

Tabla 1.

## Práctica 9

La base se conecta a tierra a través de una resistencia R2 de  $3900\ \Omega$  en serie con el potenciómetro P de  $1\ M\Omega$ . La corriente del colector y el voltaje colector - emisor (dependen de la irradiación) se miden con el amperímetro y voltímetro respectivamente. Al variar el valor del potenciómetro se puede variar la sensibilidad del fototransistor.

La segunda parte de la práctica se desarrollará usando el módulo G12, el cual se muestra en la figura 8, consiste en la aplicación de los fotosensores en un controlador de luminosidad de malla cerrada. La función principal de estos controladores es lograr una iluminación lo más estable posible en relación a una de referencia.

En la figura 7 se muestra el diagrama a bloques del sistema de control a usar, en él se puede observar que la señal "s", se obtiene de los fotosensores, y es proporcional a la luminosidad del ambiente que se controla. Dicha señal después de pasar por un codificador, es comparada con una señal de referencia "r"; a la diferencia entre estas señales se le denomina señal de error "e" ( $e = r - s$ ). La señal de error se introduce al regulador R, del que se obtiene la señal de control "m", misma que se suministra al actuador (Interface y Grupo de Potencia) con el objeto de proporcionar una mayor o menor cantidad de luminosidad.

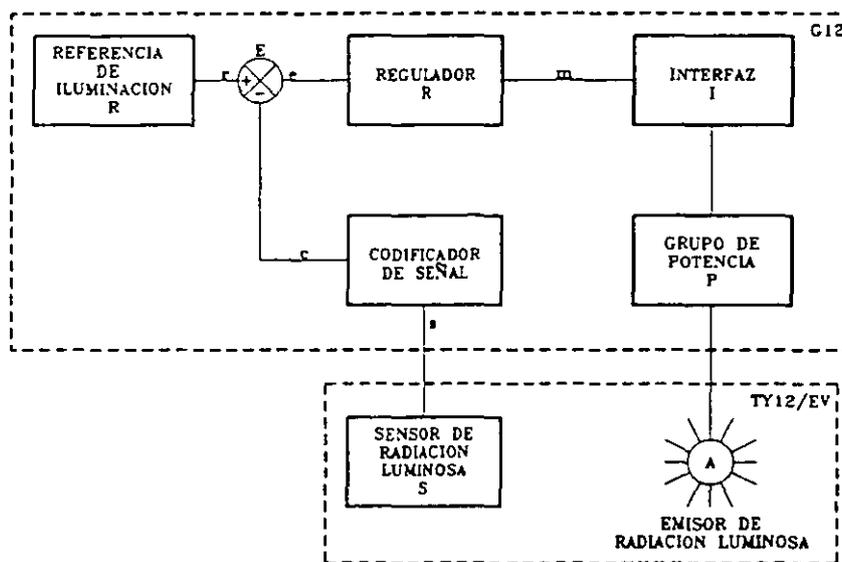


Figura 7. Diagrama de bloques del controlador de intensidad luminosa.

El controlador de luminosidad empleado (módulo G12) es del tipo Proporcional-Integral (PI), implementado con un amplificador operacional, cuya configuración se muestra en la figura 9.

El actuador genera la señal que se proporciona a la fuente de iluminación (que es la lámpara incandescente de 3 candelas LX1), que se ubica en el módulo de luminosidad TY12/EV, éste a su vez, contiene otra lámpara que se alimenta con una fuente variable de 0 a 24 V de corriente directa (LX2), que se usa para simular cargas de diferentes intensidades, así como para ver el comportamiento del controlador cuando se le conecta como sensor una fotorresistencia o fototransistor.

En el módulo G12 se controla un dispositivo electrónico llamado triac, el cual mediante un pulso (que es generado por el actuador), permite el paso de una señal de potencia de corriente alterna, la cual alimenta a la lámpara LX1. El pulso generado tiene una duración variable, la que dependerá de la intensidad luminosa en el fotosensor, la señal que se observaría en el osciloscopio sería una señal senoidal recortada (como la mostrada en la figura 10), la señal original tiene un período de 180 grados de tal forma que la señal recortada se estudia de acuerdo al ángulo de disparo en el cual la señal está presente en la lámpara. La unidad luminosa TY 12/EV cuenta con una lámpara marcada con LX2, que servirá para dar perturbaciones al sistema.

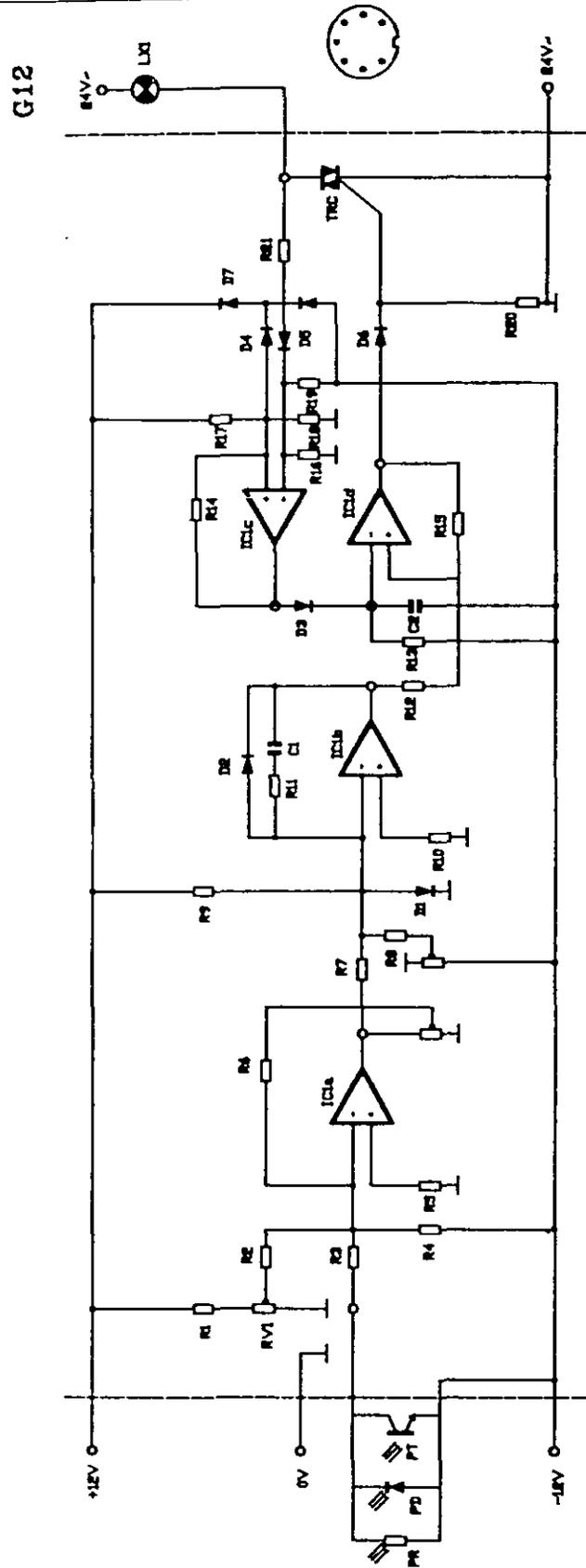


Figura 8

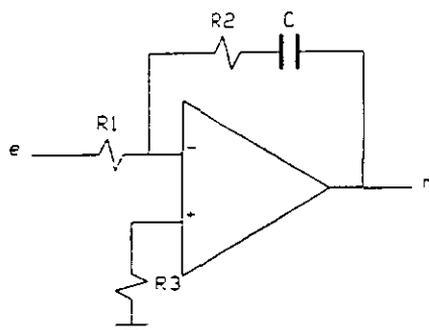


Figura 9. Circuito de control PI

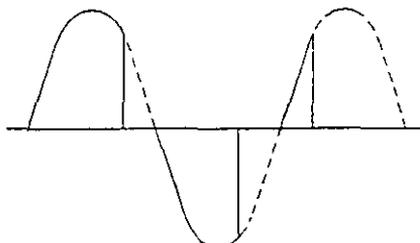


Figura 10. Señal senoidal recortada

**OBJETIVO:**

Relacionar al alumno con transductores de radiación luminosa, así como con sus principales características y aplicaciones.

**EQUIPO.**

1 Fuente de alimentación PS1

2 Multímetros digitales.

1 Unidad luminosa TY 12/EV

1 Módulo G11

1 Módulo G12

1 Osciloscopio

Cables de conexión.

**DESARROLLO.**

- Conecte los bornes de la lámpara LX1 de la unidad luminosa TY 12/EV a las terminales de 12 y -12 volts de la fuente PS1 para alimentar la lámpara con 24 Vcd.
- Una vez que esté seguro de que las conexiones pedidas son las correctas para cada experimento, encienda la fuente y deje funcionar el equipo durante 3 minutos, con el fin de que los componentes alcancen la estabilidad térmica.

**EXPERIMENTO 1. DETERMINACION DE LA CURVA CARACTERÍSTICA RESISTENCIA - IRRADIACIÓN DEL FOTORRESISTOR.**

- Conecte el multímetro digital, como óhmetro, en los bornes 1 y 2 del módulo G11.
- Conecte el módulo G11 a la unidad luminosa TY 12/EV, mediante el cable correspondiente, a la terminal marcada como Photo Resistor.
- Coloque la lámpara LX1 en la posición marcada con 230 mm.
- Mida el valor de resistencia y repita la medición de resistencia, acercando 10 mm la lámpara LX1 hasta la posición 30 mm, anote los datos en la Tabla 2.

Posición de la Lámpara	Resistencia ( $\Omega$ )
230	
220	
210	
200	
190	
180	
170	
160	
150	
140	
130	
120	
110	
100	
90	
80	
70	
60	
50	
40	
30	

Tabla 2

**EXPERIMENTO 2. DETERMINAR LA CURVA CARACTERISTICA CORRIENTE INVERSA - IRRADIACIÓN DEL FOTODIODO.**

- Conecte los bornes 4 (+) y 5 (-) a una fuente variable de 30 Vcd.
- Conecte el multímetro digital, como voltmetro, a los bornes 3 y 5 (resistencia R).
- Cambie el cable de conexión entre los dos módulos a la terminal marcada como "Photo Diode" de la unidad luminosa.

Práctica 9

- Coloque la lámpara LX1 en la posición marcada con 230 mm.
- Mida el valor de voltaje a partir de 230 mm, acercando la lámpara al transductor 10 mm cada vez, anotando los datos y calcule el valor de la corriente que pasa por la resistencia R en la Tabla 3, tome en cuenta que el valor de la resistencia es de  $100\text{ K}\Omega$ .

LAMPARA	V	I $\mu A$
230		
220		
210		
200		
190		
180		
170		
160		
150		
140		
130		
120		
110		
100		
90		
80		
70		
60		
50		
40		
30		

Tabla 3

**EXPERIMENTO 3. DETERMINAR LA FAMILIA DE CURVAS CARACTERISTICAS CORRIENTE DE COLECTOR EN FUNCION DEL VOLTAJE COLECTOR-EMISOR CON IRRADIACION CONSTANTE DEL FOTOTRANSISTOR.**

- Conecte los bornes marcados con 14 (+) y 15 (-) a una fuente variable de 30 Vcd.
- Cambie la conexión a la terminal marcada como "Photo Transistor", en la unidad luminosa.
- Conecte un multímetro, como ampérmetro, entre los bornes 9 y 13 del panel, en él se medirá la corriente de colector, y entre los bornes 9 y 10 coloque otro multímetro, como voltmetro, en el que se medirá el voltaje colector-emisor.
- Coloque la lámpara en la posición de 60 mm.
- Varíe el valor del voltaje como se indica en la Tabla 4 y complete los valores de voltaje y corriente.
- Repita las mediciones para las siguientes posiciones de la lámpara, 100 mm, 150 mm y 230mm.

POSICION DE LA LAMPARA =											
Vcc	Vce	Ic									
0			0			0			0		
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		
11			11			11			11		
12			12			12			12		
13			13			13			13		
14			14			14			14		
15			15			15			15		
16			16			16			16		
17			17			17			17		
18			18			18			18		
19			19			19			19		
20			20			20			20		
21			21			21			21		
22			22			22			22		
23			23			23			23		
24			24			24			24		
25			25			25			25		

Tabla 4

**EXPERIMENTO 4. APLICACION DE FOTOSENSORES EN UN PROCESO DE CONTROL DE LUMINOSIDAD.**

**Nota:** Este experimento deberá ser realizado en su totalidad por el profesor.

- Para calibrar el módulo G12, conecte la fuente de corriente alterna a los bornes marcados con + 24 V y -24 V.
- Polarice con las fuentes correspondientes las terminales marcadas con + 12 V, -12 V y 0 V.
- Conecte la fuente variable de corriente directa a los bornes marcados como LX2 del módulo TY12/EV
- Conecte con el cable correspondiente los módulos G12 y TY12/EV, a la terminal que corresponde a la fotorresistencia.

## Práctica 9

---

- Conecte el multímetro al borne 2 del módulo y coloque el cursor de la unidad luminosa en la posición de 130 mm (la calibración se realiza del mismo modo para los tres fotosensores).
- Regule RV1 hasta que el voltaje en el borne 2 sea de 0V (observar esto en el multímetro), con el cursor del potenciómetro P todo a la izquierda.
- Desplace el potenciómetro P del módulo G12 todo a la izquierda (posición mínima, 0%) siempre que cambie de transductor.
- Con la fuente variable de voltaje en posición de 0 V y con la fuente apagada separe la tapa del módulo TY12/EV (girando los seguros en forma de tornillo), colocando el cursor a 5 cm de los transductores aproximadamente.
- Encienda la fuente y gire el potenciómetro P del módulo G12, muy lentamente a la derecha de forma tal que la lámpara LX1 encienda a una intensidad tal que no lastime la vista.
- Sin mover la posición de las lámparas aumente el voltaje de la fuente variable lentamente y anote sus observaciones.
- Repita el experimento para el fotodiodo y el fototransistor.

### ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

- 1.- Con base en los datos obtenidos de la Tabla 2 trace la curva característica del fotorresistor (resistencia contra irradiación).
- 2.- Con base en los datos obtenidos de la Tabla 3 trace la curva característica del fotodiodo (corriente inversa contra irradiación).
- 3.- Con base en los datos obtenidos de la Tabla 4 trace las curvas características del fototransistor (corriente de colector en función del voltaje colector-emisor con irradiación constante) indicando en cada caso el valor de irradiación correspondiente.
- 4.- Explique brevemente el proceso de control de iluminación de el experimento 4.
- 5.- Reporte sus comentarios y conclusiones del desarrollo de la práctica.

Considerando que se tiene un valor muestra de la señal de entrada de  $A$  volts de amplitud que es aplicada a un convertidor A/D de ocho bits de salida, los bits del convertidor se numeran a partir del cero y hasta el siete, en donde el menos significativo es el bit cero y el más significativo es el siete.

En la primera comparación se compara del bit siete con la muestra  $A$ , si el resultado es que el voltaje correspondiente al bit siete es menor, entonces el bit permanece encendido y se pasa a la siguiente comparación; pero, si por el contrario el voltaje de este resulta ser mayor, entonces se apaga el bit y se pasa a la siguiente comparación. Independientemente de que el bit anterior permanezca encendido o apagado, se enciende el siguiente de menor significancia, en este caso el bit seis, repitiendo el mismo procedimiento sucesivamente hasta haber terminado de comparar el bit cero, en este momento se da por finalizada la conversión y es cuando se presenta el resultado en la salida digital. Hay que señalar, que si algún bit permanece encendido después de que ha sido comparado, el voltaje que le corresponde es sumado a las demás comparaciones hasta terminar con el procedimiento de conversión actual. En la Figura 5 se muestra la evolución en el tiempo de la salida del convertidor de aproximaciones sucesivas.

En el ADC0800 se tienen ocho switches analógicos internos que se controlan mediante un bloque de control y es el que proporciona la secuencia de comparación y la salida del A/D de acuerdo con los resultados de las comparaciones. Existen algunas variantes en las que la red resistiva es sustituida por capacitancias, en este tipo de convertidores se logra disminuir significativamente el área, por lo que son usados en circuitos de muy alta escala de integración como en los microcontroladores que incluyen algún convertidor.

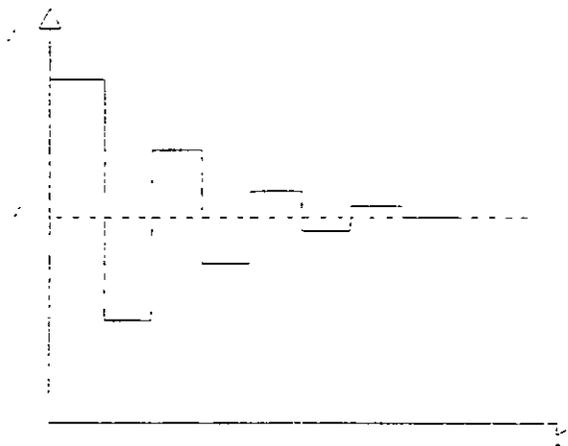


Figura 5. Evolución en el tiempo de una conversión en aproximaciones sucesivas.

La conversión A/D tiene características importantes que deben tomarse en cuenta en el momento de emplearla, como pueden ser los niveles de cuantificación del convertidor, esto es, los posibles niveles de voltaje que pueden ser representados con la cantidad de bits con los que cuente el convertidor. Por ejemplo si se tiene un convertidor de 8 bits, podrán cuantificarse 256 niveles diferentes, pero si la cantidad de bits se aumenta en uno, la cantidad de niveles de cuantificación aumenta a 512, por lo que el error que se puede obtener en la conversión es menor a medida que aumente la cantidad de bits. Un parámetro muy importante de este tipo de convertidores es la frecuencia de muestreo, que se refiere a la periodicidad con la que el convertidor tomará muestras de la señal a convertir, por lo que si la cantidad de muestras no es suficiente no se podrá obtener una aproximación fiel de la señal de entrada, de acuerdo con el teorema de Nyquist se hace necesario que la frecuencia de muestreo sea cuando menos el doble de la frecuencia de la señal a convertir. De no tomar en cuenta esto, el resultado de cualquier conversión será erróneo al tener una frecuencia mayor en la señal de entrada.

## CONVERTIDORES RAFAGA

Se les llama convertidores ráfaga, a los capaces de convertir las señales analógicas que tienen un ancho de banda del orden de MHz. La característica más importante de estos dispositivos es el tiempo de conversión (intervalo de tiempo entre la aplicación del pulso y la presencia del dato digital a la salida). La base de conversión A/D está constituida por un conjunto de comparadores, los cuales tienen un voltaje preciso y prefijado. Las salidas de los comparadores son enviados hasta un sistema de codificación apropiado, y la señal analógica que debe convertirse es aplicada simultáneamente a todos los comparadores.

El sistema de codificación, constituido por una red combinatoria, efectúa la codificación de las entradas con base a la configuración de las salidas de los comparadores. La Figura 6 muestra la estructura de un convertidor ráfaga. El mayor inconveniente de este tipo de convertidores, es la complejidad de los circuitos debida a la gran cantidad de comparadores.

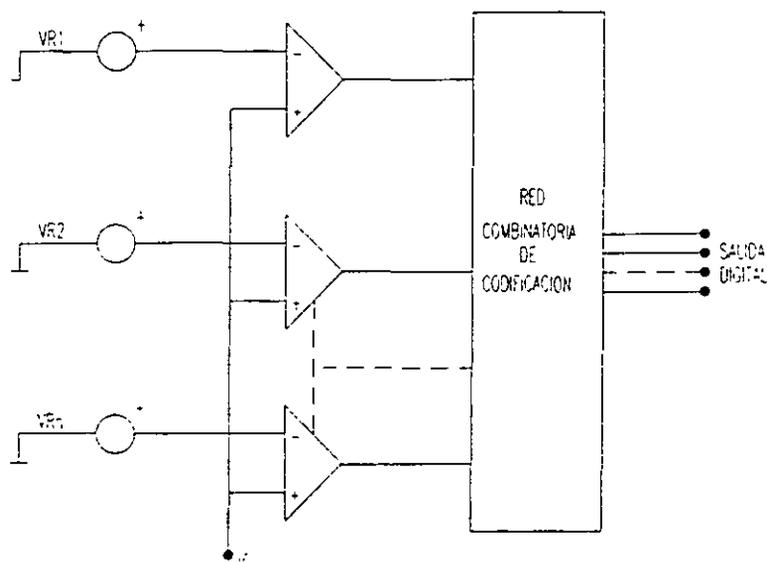


Figura 6.

## PARAMETROS DEL CONVERTIDOR ANALOGICO/DIGITAL

### Resolución

La resolución de un convertidor se define como la menor variación que puede ocurrir en la salida como resultado de un cambio en la entrada. La resolución es igual al valor del LSB (bit menos significativo) y también se conoce como tamaño de etapa, ya que es la cantidad de voltaje de salida que variará cuando el código de entrada pase de una etapa a la siguiente.

Aunque la resolución puede expresarse como la cantidad de voltaje o corriente por etapa, resulta más útil expresarla como un porcentaje de salida a plena escala, por lo tanto es sólo el número de bits el que determina la resolución porcentual.

Los fabricantes de convertidores tienen varias maneras de especificar la precisión. Las dos más comunes se les llama error de escala y error de linealidad, que normalmente se expresan como un porcentaje de salida a plena escala del convertidor (%F.S.).

Algunos de los convertidores más costosos tienen errores de escala y de linealidad en el intervalo de 0.01-0.1 %. En consecuencia el error que se tenga, indica que tanto el resultado del convertidor puede alejarse de su valor esperado, debido a la incidencia de componentes no ideales.

#### Error de escala (Error a plena escala):

En los convertidores el error de escala representa la variación que se puede tener a la salida del convertidor con respecto al de su valor esperado (teórico). Los errores de escala pueden ser provocados por errores en los voltajes de referencia, en los valores de las resistencias, en la escala, en la ganancia de los amplificadores, etc. Los errores de escala podrán corregirse regulando la salida de la ganancia del amplificador o el voltaje de referencia.

$$E_e = \frac{V_s - V_e}{V_e} \cdot 100$$

donde:  $V_s = 2^{-4}D + 2^{-3}D + 2^{-2}D + \dots + 2^3D$

D = 1 (encendido).

D = 0 (apagado).

$V_e$  = Voltaje de entrada.

#### Error de offset (Error de cero):

Es el voltaje de salida de un convertidor D/A con entrada de código cero, o el valor significativo del voltaje de entrada de un convertidor A/D necesario para obtener a la salida el código cero. Generalmente, el error de offset es provocado por el voltaje o corriente de offset de entrada del amplificador o comparador. Frecuentemente, la regulación a cero de estas magnitudes se efectúa mediante un potenciómetro de regulación a cero offset ubicado fuera del convertidor.

#### Error de linealidad:

Es el que se presenta cuando a cada incremento de un bit de entrada debe producir el aumento de un nivel determinado de voltaje, el cual debería ser constante a lo largo de toda la escala operativa del convertidor. Sin embargo, se producen ciertas variaciones en estos incrementos en determinados estados consecutivos, lo que produce una falta de continuidad al final de la misma.

$$V_{prom} = \frac{V_{m\acute{a}x} + V_{m\acute{i}n}}{2}$$

$$E_L = \frac{V_{prom} - V_{m\acute{i}n}}{2^n}$$

Donde  $V_{m\acute{a}x}$  y  $V_{m\acute{i}n}$  son los voltajes máximo y mínimo de entrada cuando está encendido el led  $2^n$

### Frecuencia de conversión ( Tiempo de conversión ):

La frecuencia de conversión representa la velocidad con la que el convertidor realiza la conversión del dato; indicada directamente por el número de conversiones por segundo.

En algunos tipos de convertidores el tiempo de conversión no es constante, sino que depende del dato que debe convertirse. A veces, los tiempos de conversión señalados no corresponden al valor máximo; por lo tanto habrá que tener cuidado a fin de evitar resultados no deseados. La frecuencia de conversión depende del reloj, que puede ser externo, es decir, de la frecuencia a la cual trabaja la lógica que regula la conversión.

### CONVERSION DIGITAL/ANALOGICA (D/A)

La conversión digital analógica (D/A) es el proceso inverso a la conversión A/D, ya que consiste en transformar una magnitud numérica (codificada en binario) a una amplitud eléctrica. Los convertidores D/A pueden dividirse en dos grupos:

- Convertidores serie.
- Convertidores paralelo.

En los primeros, la conversión se verifica según el número de pasos igual al número a convertir; este tipo ya no es usado, pues aunque sus circuitos son muy sencillos cuentan con poca resolución y precisión.

Los convertidores en paralelo suelen alcanzar altas velocidades de conversión, gran precisión y resolución. La Figura 7 muestra el diagrama de bloques del convertidor DAC0800 (usado en la tarjeta empleada en esta práctica), su operación se basa en hacer pasar una corriente proporcionada por una fuente de corriente fija a una red resistiva, a diversos puntos de la red se conectan switches analógicos, por uno de sus extremos, mientras que el otro extremo de cada uno de ellos son conectados a un amplificador operacional, que se encarga de sumar los voltajes producidos por la caída de potencial en cada resistencia. El número de interruptores (marcados como switches) es igual al número de bits del convertidor los cuales son controlados por la secuencia binaria a convertir.

Las resistencias se calculan de tal manera que por su valor y posición con respecto a la fuente de corriente tengan los pesos binarios necesarios, es decir, que la primera resistencia por la que circula la corriente es la más significativa, mientras que la última o la más alejada es la menos significativa, el arreglo resistivo es de forma de malla, tal que el paso de la corriente a través de ellas sea menor cada vez.

Un parámetro importante para ambas conversiones, es la resolución, mencionada anteriormente y representa la variación más pequeña en el código de entrada que puede incrementar el nivel de la salida en un DAC y para un ADC es la variación que debe sufrir la señal de entrada para que exista un cambio de código a la salida en el bit menos significativo.

### DESCRIPCION DEL EQUIPO

Se cuenta con dos tarjetas equipadas con convertidores A/D y D/A, en las Figuras 8 y 9 se muestran los diagramas de las tarjetas, en las que se puede hacer conversión de señales analógicas y conversión de señales digitales.

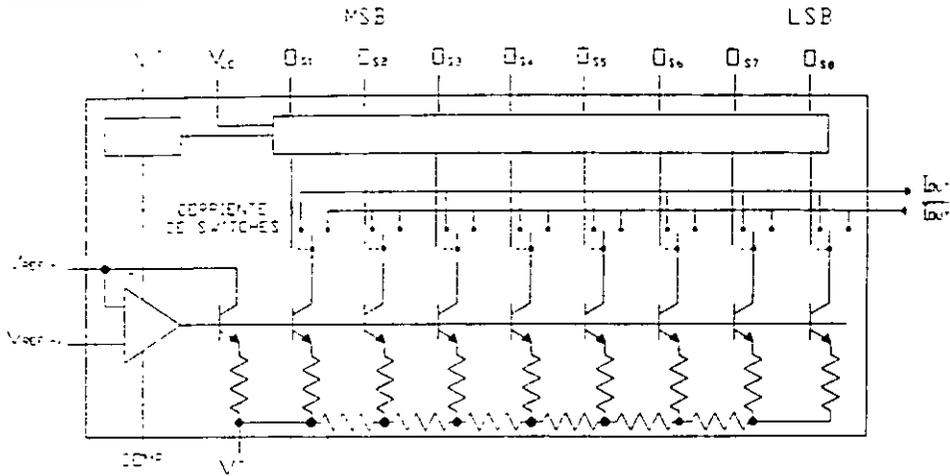


Figura 7. Convertidor DAC0800

**MODULO G19.**

El módulo G19 constituye un convertidor analógico/digital de doble rampa de 8 bits. En éste la secuencia de conversión depende de un pulso de reloj exterior, para el cual se define el tiempo  $T_0$  correspondiente a la rampa ascendente:

$$T_0 = \frac{256}{F_{ck}}$$

mientras que el tiempo de conversión está sujeto al valor del voltaje que debe ser convertido:

$$T_{conv} = T_0 \left( 1 + \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right) + \frac{2}{F_{ck}}$$

$$T_1 = \frac{2}{F_{ck}}$$

por lo que la frecuencia de conversión es

$$F_{conv} = \frac{1}{T_0 \left( 1 + \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right) + \frac{2}{F_{ck}}}$$

En donde  $F_{ck}$  es la frecuencia de reloj,  $T_0$  el tiempo de integración de la primer rampa,  $T_{conv}$  el tiempo en el cual se producen las conversiones y  $T_1$  tiempo de restablecimiento.

La descripción del funcionamiento del convertidor A/D se hará con base al diagrama eléctrico de la figura 8. Primero se considera el momento en el cual la señal de "reset" se aplica a las dos secciones del contador IC7 y Q del Flip-Flop 2 de IC6. A partir de este instante el contador empieza a contar los pulsos de reloj, mientras que la salida del comparador IC4 (LM311) queda inhabilitada, ya que Q de Flip-Flop 4(IC5) resulta ser bajo.

El conmutador 2 de IC2 (DG201A) se cierra, en tanto que 1 y 3 se abren (se cierran cuando el pulso de mando se encuentra a un nivel bajo).

## Práctica 10

---

El voltaje de entrada  $V_{IN}$  (invertido en IC1a) resulta integrado por  $C_1$  a través de  $R_{11}$ . El voltaje de salida de IC3 será considerado un voltaje  $V$  constante:

$$V_{T_0} = \frac{V_{IN} T_0}{R_{11} C_1}$$

en donde  $T_0 = \frac{256}{F_{ck}}$

Cuando el contador recibe el pulso número 256 pasa del estado FFH(256) al estado 00H(00). La salida  $Q_4B$  provoca el cierre del conmutador 4 de IC2, utilizado como inversor, y en  $R_{18}$  se observará un estado alto. La transición bajo-alto funciona como un pulso de reloj para el Flip-Flop 4 de IC5 y las salidas del Flip-Flop D cambian de estado, el conmutador 2 de IC2 se abre y el 1 se cierra. Ahora, el voltaje presente en la entrada del integrador es la referencia (positiva); mientras que en la salida, la rampa cambia de signo (con pendiente negativa y fija).

La rampa alcanzará el valor de cero volt en un tiempo proporcional a el voltaje inicial (al final de la rampa ascendente).

$$V_{T_2} = V_{T_0} - \frac{V_{REF} T_2}{R_{11} C_1}$$

$$V_{T_0} = \frac{256 V_{IN}}{F_{ck} R_{11} C_1}$$

$$V_{T_2} = \frac{256 V_{IN}}{F_{ck} R_{11} C_1} - \frac{V_{REF} T_2}{R_{11} C_1}$$

$$T_2 = \frac{256 V_{IN}}{F_{ck} V_{REF}}$$

El tiempo ( $T_2$ ) que emplea la rampa descendente para alcanzar los cero volt es directamente proporcional a el voltaje de entrada. Durante este intervalo el contador se incrementa.

$$n = T_2 F_{ck}$$

Por lo tanto, "n" indica el contenido del contador al final de la rampa descendente.

$$T_2 = \frac{n}{F_{ck}}$$

$$n = 256 \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

Es decir, que el dato existente a la salida del contador resulta directamente proporcional a  $V_{IN}$  inversamente proporcional a  $V_{REF}$  e independientemente de la frecuencia de reloj y de los valores de los componentes de circuito. Naturalmente, si los valores de la frecuencia de reloj o de los componentes ( $R_{11}$  o  $C_1$ ) llegaran a provocar un desplazamiento de la rampa ascendente fuera del campo de trabajo del integrador, el convertidor ya no podría funcionar correctamente. Con los parámetros actuales:  $C_1 = 0.15 \mu F$ ,  $R_{11} = 33K$ ; y dando a la rampa y al voltaje de entrada un valor máximo de 8 V, se tendrá:

---

$$8 = \frac{8 T_0}{33 \times 10^3 \cdot 150 \times 10^{-9}}$$

en donde  $T_0 = 4.95\text{ms}$ .

luego:

$$\frac{256}{F_{ck}} = 4.95 \times 10^{-3}$$

Obteniéndose

$$F_{ck} = \frac{256}{4.95} 10^3 \text{ Hz} = 51.7\text{kHz}$$

Esta frecuencia nos indica, que el valor de la frecuencia utilizada para el convertidor debe ser mayor o igual a del valor encontrado, ya que de lo contrario al aplicar una frecuencia menor, el convertidor no funcionaría correctamente. Para nuestros fines prácticos podríamos utilizar una frecuencia de reloj de 100 KHz. Cuando el voltaje de la rampa descendente alcanza el valor cero, el comparador IC4 efectúa la conmutación y la entrada D de Flip-Flop 1 de IC6 pasa al estado alto. Al primer reloj que se produce después de la conmutación del comparador se verifica también la conmutación de Flip-Flop 1. La salida Q de Flip-Flop 1 sigue los siguientes pasos:

- 1) A través de D1 bloquea el reloj en IC7 (que cuenta en el frente negativo).
- 2) Habilita a Flip-Flop 3, luego el conmutador 3 se cierra bloqueando al integrador en el valor cero.
- 3) Inhabilita a Flip-Flop 4, así el conmutador 1 se abre y el 2 se cierra.
- 4) Si el conmutador RUN/HOLD se encuentra en la posición RUN, traslada el dato presente a la salida del contador IC7 hasta la salida de los registros IC8 y IC9.

Durante el pulso de reloj sucesivo, el Flip-Flop 1 vuelve al estado bajo, mientras que el Flip-Flop 2 de IC6 pasa al estado alto, de este modo, se produce el restablecimiento del contador IC7.

Al pulso de reloj siguiente, Flip-Flop 2 vuelve a cero, y lo mismo ocurre con Flip-Flop 3 (encontrándose la entrada S (Set) al estado bajo), abriéndose el conmutador 3 de IC2.

Después de esto el integrador comienza un nuevo ciclo (con la rampa positiva vinculada al voltaje de entrada  $V_{IN}$ ), que finalizará cuando el contador cuente hasta agotar su capacidad (8 bits).

El estado de las salidas de los registros IC8 e IC9 queda visualizado en los indicadores luminosos (led) y se encuentra disponible en los bornes de salida correspondientes.

Si se desea efectuar la conversión de una señal en el campo de  $\pm 4V$  (con la referencia interna) bastará poner los puntos X y Y puenteados. R4 posee un valor equivalente al doble del de R5 provocando, por lo tanto, una polarización fija igual a:

$$\frac{V_{REF}}{2}$$

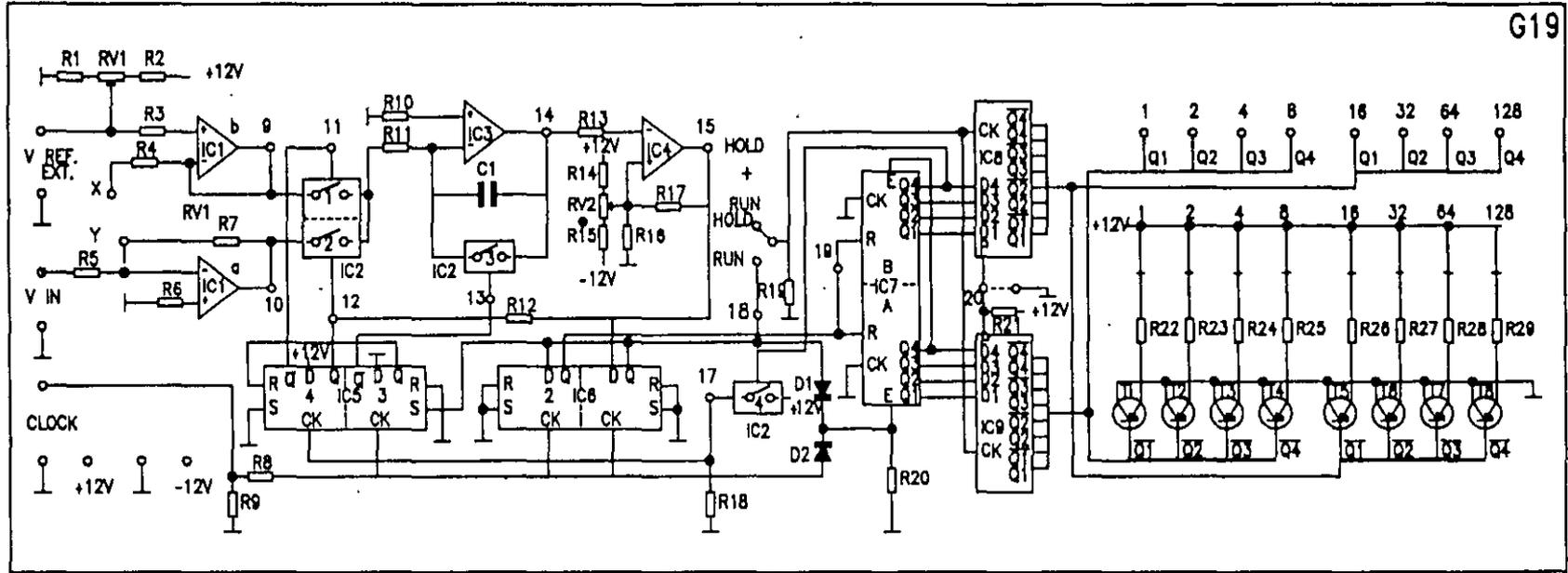


Figura 8.

De este modo será posible aceptar señales negativas de hasta -4 Volt.

### MODULO F03A.

El módulo F03A cuenta con convertidores A/D y D/A del tipo aproximaciones sucesivas, la figura 9 muestra el diagrama de la tarjeta. Las señales analógicas una vez que son convertidas a código binario pueden ser mandadas directamente al convertidor D/A o bien a la computadora por medio del conector situado en la parte superior.

También existe la posibilidad de mandar de la computadora una señal digital al convertidor D/A para obtenerla en forma analógica

Se tienen además una serie de interruptores (marcados como switches) situados en la parte media, con los que se puede generar código binario manualmente para ser convertido por el D/A, en resumen se tienen tres funciones principales:

- a) La primera es la conversión de una señal analógica a su representación digital y la conversión simultánea del código generado nuevamente a forma analógica.
- b) La segunda es la posibilidad de interacción de los convertidores con una computadora convencional.
- c) La tercera es el uso del convertidor D/A generando código binario desde los interruptores. El interruptor marcado con S2 sirve para seleccionar la función deseada (A/D, COMPUTADORA o SWITCHES), el interruptor S1 tiene la función de dar a la señal de entrada un nivel adecuado de voltaje, por medio de un circuito basado en amplificadores operacionales, que proporciona una ganancia de voltaje, por lo que se pueden introducir señales de niveles bajos o altos encargándose de amplificar o atenuar la amplitud.

Adicionalmente, para poder hacer que la tarjeta interaccione con la computadora es necesario contar con dos elementos adicionales, el programa y la interface.

El primero de ellos permite mandar datos de la computadora al convertidor D/A o recibirlos del convertidor A/D. Para ello se diseñó el programa ADCDAC, escrito en lenguaje C, el cual permite tener las siguientes funciones.

Prueba de los puertos de la interface. En esta se reciben o mandan datos a los puertos de la interface, para comprobar su correcto funcionamiento.

Genera tres tipos de señales. Es un algoritmo que permite tener en memoria la señal deseada (senoidal, triangular y cuadrada) a una frecuencia fija.

Recepción de datos desde el convertidor AD. Permite el acceso a señales analógicas.

Lectura de señales digitalizadas almacenadas en disco.

Grafica en el monitor la señal con la que se trabaja.

Manda al convertidor DA los datos de las señal digitalizadas.

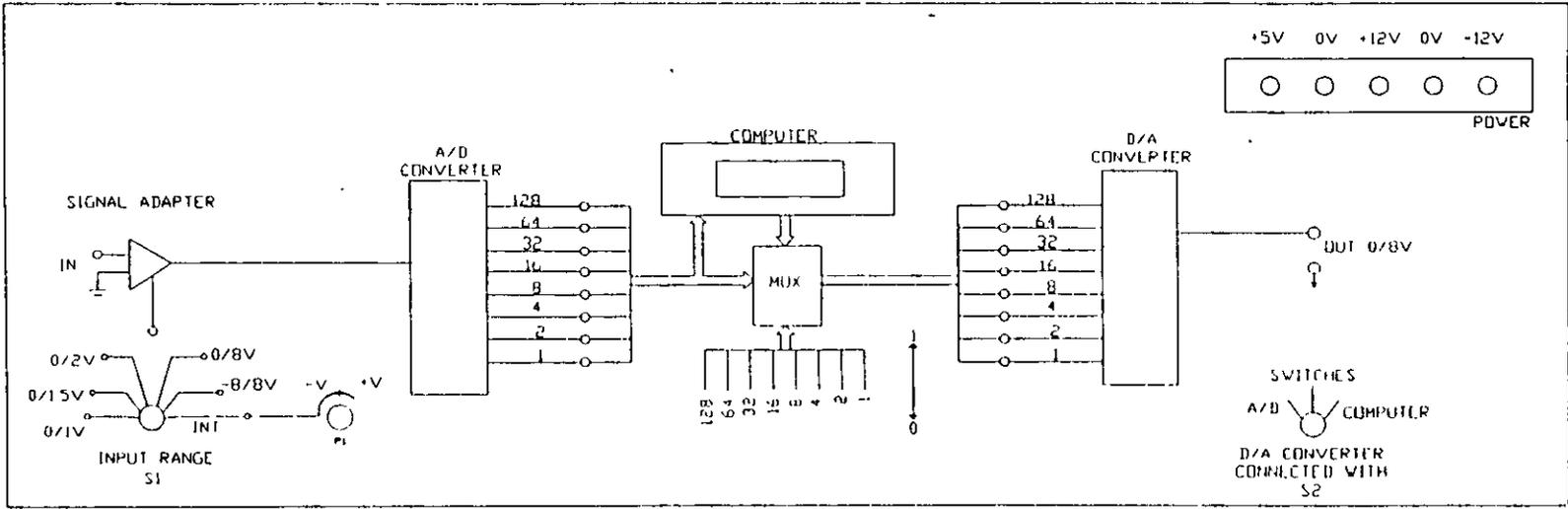


Figura 9

Interacción simultánea con ambos convertidores. Función que permite observar una señal senoidal que cambia de frecuencia de acuerdo al nivel de la señal de entrada.

Graba en disco los datos deseados.

**OBJETIVO:**

- Familiarizar al alumno con el uso de convertidores Analógico/Digital y Digital/Analógico, observando las características propias y sus aplicaciones en sistemas computarizados.

**EQUIPO Y MATERIAL:**

- Tarjeta convertidora (FO3A).
- Modulo G19.
- Fuente de voltaje (PS1).
- Fuente de voltaje bipolar.
- Generador de funciones.
- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Cables de conexión.
- Cable plano.
- Programa ADCDAC.
- 1 Capacitor de 9nf o un valor aproximado.

**NOTAS:**

Antes de encender la fuente debe observar que la polarización sea la correcta ya que cualquier equivocación en la conexión provocará que los dispositivos contenidos se quemen de inmediato.

Al conectar la tarjeta convertidora a la computadora o al querer hacer algún cambio en esta, asegúrese de apagar la fuente de alimentación y la computadora.

Al encender el equipo asegúrese de prender en primer lugar la fuente de alimentación y luego la computadora, y al terminar primero apague la computadora y después la fuente.

Se sugiere colocar S1 en posición de 0v/8v al introducir cualquier señal externa al convertidor

Práctica 10

Hay que tomar en cuenta, que la amplitud de la señal de entrada al convertidor A/D, debe adecuarse para que la conversión sea lo más aproximada posible, es por ello, que si la señal observada a la salida presenta recortes en su forma, debe variar la posición del switch S1 de tal forma que obtenga la forma de onda completa a la salida.

EXPERIMENTO 1. CONVERTIDOR A/D.

- Sin encender la fuente, polarice la tarjeta G19 con los voltajes indicados en sus bornes de polarización, conectando todas las tierras comunes.
- Suministre la señal de reloj de onda cuadrada (con un tiempo de subida inferior a  $1\mu S$ ) con una frecuencia de 100kHz de 0 a +10V, en los bornes marcados como clock.

Nota: tener cuidado de no sobrepasar los +12V.

- Para calibrar conecte en los bornes  $V_{IN}$  la fuente variable de corriente directa. Ajustando el voltaje de entrada hasta un valor de 8V, y regular RV1 tratando de que todos los indicadores luminosos (led) se enciendan.
- Una vez calibrado, varíe el voltaje de la señal de entrada de tal forma que encienda un solo indicador (led), a la vez mida con el multímetro y registre en la Tabla 1 el voltaje de entrada en cada caso.

V <sub>ENTRADA</sub>		$2^{-4}$	$2^{-3}$	$2^{-2}$	$2^{-1}$	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	V <sub>PROM</sub>
V <sub>MIN</sub>	V <sub>MAX</sub>	1	2	4	8	16	32	64	128	
		•								
			•							
				•						
					•					
						•				
							•			
								•		
									•	

Tabla 1.

- Aplique ahora una señal de -4 a 4V y verifique el voltaje de salida digital de acuerdo a la Tabla 2.

V <sub>ENTRADA</sub>	$2^{-4}$	$2^{-3}$	$2^{-2}$	$2^{-1}$	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	V <sub>SALIDA</sub>
	1	2	4	8	16	32	64	128	
-4									
-3									
-2									
-1									
0									
1									
2									
3									
4									

Tabla 2.

- Disminuya la frecuencia de reloj en un rango de 52kHz y observe el comportamiento del dispositivo.
- Vuelva a dejar la frecuencia de 100kHz y cambie el capacitor C1 por uno de 9nf y observe la salida del convertidor a una entrada dada.
- Aplique en la entrada  $V_{IN}$  una señal senoidal (siempre positiva) con un valor de pico inferior al de  $V_{ref}$  (aproximadamente de 6Vpp) y con una frecuencia de alrededor de 0.1Hz. Observe el voltaje en el osciloscopio y determine por puntos (mediante el conmutador RUN/HOLD) la curva, mediante el valor digital de voltaje. Para facilitar esto, llene la Tabla 3.

TIEMPO (CUADROS)	$2^{-4}$	$2^{-3}$	$2^{-2}$	$2^{-1}$	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	V SALIDA
	1	2	4	8	16	32	64	128	
0									
0.5									
1									
1.5									
2									
2.5									
3									

Tabla 3.

**EXPERIMENTO 2. USO DE LOS PROCESOS DE CONVERSION**

- Sin encender la fuente, polarice la tarjeta F03A con los voltajes indicados en sus bornes de polarización, conectando todas las tierras comunes.
- Coloque el S2 en posición de computadora.
- Conecte a los puertos CD el cable de conexión, según se muestra en la Figura 10.

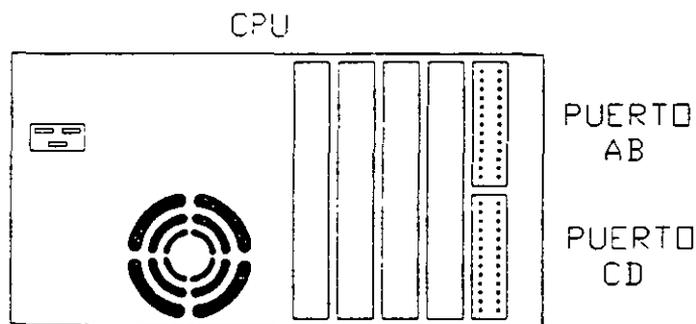


Figura 10. Distribución de puertos

- Encienda la fuente y computadora, de acuerdo a lo mencionado en las notas, con el disco en el drive A y ejecute la opción "Prueba de puertos".

## Práctica 10

---

- Aplicando un voltaje de CD en los bornes de entrada (IN) seleccione la rutina de prueba de puertos, siga las indicaciones ue marca el programa y anote lo observado en los indicadores luminosos de la tarjeta y en el monitor de la computadora.
- Repita la prueba con los puertos AB.
- Seleccione la opción "Generar onda" y seleccione "Senoidal". Con la opción de Graficar vea la forma de la señal en pantalla y mande al convertidor la señal con todos los elementos que la componen, observe en el osciloscopio la señal obtenida.
- Mande al menos tres fragmentos distintos de la señal al DAC, y observe que pasa con la señal.
- Repita para una señal triangular y una cuadrada.
- Coloque en los bornes marcados como IN una señal senoidal, con amplitud de 3 Vpp a una frecuencia de 500 Hz.
- Seleccione la opción "Recibir del ADC" para hacer una lectura del A/D. Asegúrese de que el interruptor S2 esté en posición de Computadora.
- Grafique la señal obtenida del convertidor en el monitor y mandela al convertidor D/A.

### EXPERIMENTO 3. INTERACCION AMBIENTE-COMPUTADORA-AMBIENTE

- Seleccione la opción "AD-COMPUTADORA-DA", colocando el interruptor S1 en posición de INT.
- Conecte un canal del osciloscopio a la salida de la tarjeta.
- Varíe la posición de P1 y observe lo que sucede en ambos indicadores luminosos de la tarjeta y en el osciloscopio.
- Conecte el generador de funciones a la entrada de la tarjeta, con una señal de baja frecuencia.
- Observe en el osciloscopio la señal de salida.
- Varíe la forma de onda de la señal de entrada.

**ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

1. Con base a los datos obtenidos en el experimento 1, obtenga el error de linealidad y el error de escala.
2. Indique los parámetros de operación de acuerdo a la Tabla 4.

RANGO		BITS DE SALIDA DIGITAL	FRECUENCIA DE RELOJ Y AMPLITUD
V. ENTRADA	V. SALIDA		

Tabla 4.

3. ¿Qué pasa con la salida digital al aumentar o disminuir la frecuencia de reloj?.
4. ¿En qué afecta el cambio de capacitor en el convertidor?.
5. De acuerdo a la Tabla 3 grafique la señal de salida ( $V_{sal}$ . vs tiempo).
6. Reporte un resumen de lo observado en el experimento 2.
7. Detalle lo observado en el experimento 3, para cada punto, tomando en cuenta que el arreglo usado trabaja como una unidad de proceso.
8. Reporte su opinión de las aplicaciones que puede tener este tipo de dispositivos.
9. Reporte sus observaciones y conclusiones.

## CONVERSION DE VOLTAJE A FRECUENCIA Y FRECUENCIA A VOLTAJE

### CONVERTIDORES V/F (CVF)

El término convertidor de voltaje a frecuencia (CVF) se refiere a que la frecuencia de alguna señal periódica se hace proporcional a un voltaje de control analógico. La salida en frecuencia puede ser de cualquier forma de onda periódica, como una onda cuadrada, un tren de pulsos, una onda triangular o una onda senoidal. Las salidas de tren de pulsos o de ondas cuadradas son las que generalmente se desean si la salida está destinada a activar un contador de cualquier clase.

### CONVERTIDOR V/F DE ONDA CUADRADA

El circuito básico que realiza esta conversión se ilustra en la Figura 1. Consta de un integrador (A1) y de un comparador (A2).

El comparador A2 invierte la salida cuando en su entrada no inversora el voltaje cambia de signo (inversión al cruzar por cero).

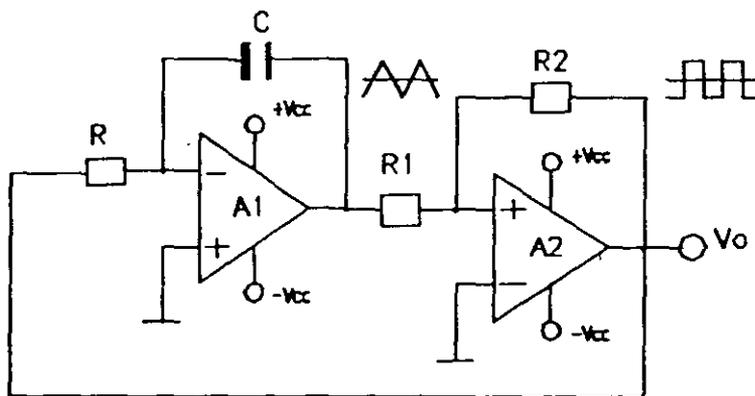


Figura 1

La amplitud del voltaje  $V_o$  está determinada por el voltaje de polarización, es decir, el tiempo necesario para que la salida de A1 (constante de integración RC) alcance el valor que da lugar a la conmutación de A2 depende del valor del voltaje de saturación. De este modo se obtiene una variación de la frecuencia de  $V_o$  proporcional al voltaje de polarización, logrando con este circuito un convertidor V/F.

### CVF DE SALIDA DE TREN DE PULSOS

Un circuito que ejecuta la conversión V/F de salida de tren de pulsos se muestra en la Figura 2. Se requieren solamente dos amplificadores operacionales para este convertidor, los cuales deben tener buenas características de saturación, elevada impedancia de entrada y buena capacidad de máxima rapidez de cambio. Los amplificadores operacionales del tipo J-FET cumplen con estas características.

Para entender el funcionamiento de este circuito, se considera primero el potenciómetro P de ajuste de amplitud. Si este potenciómetro está ajustado para una salida  $e_0$  de  $-8$  V, la salida de A2 será negativa si  $e_2$  es más positivo que  $-8$  V. Si A2 tiene salida negativa, el transistor Q1 tendrá por lo tanto en su base un voltaje negativo, lo cual indica que Q1 está en OFF.

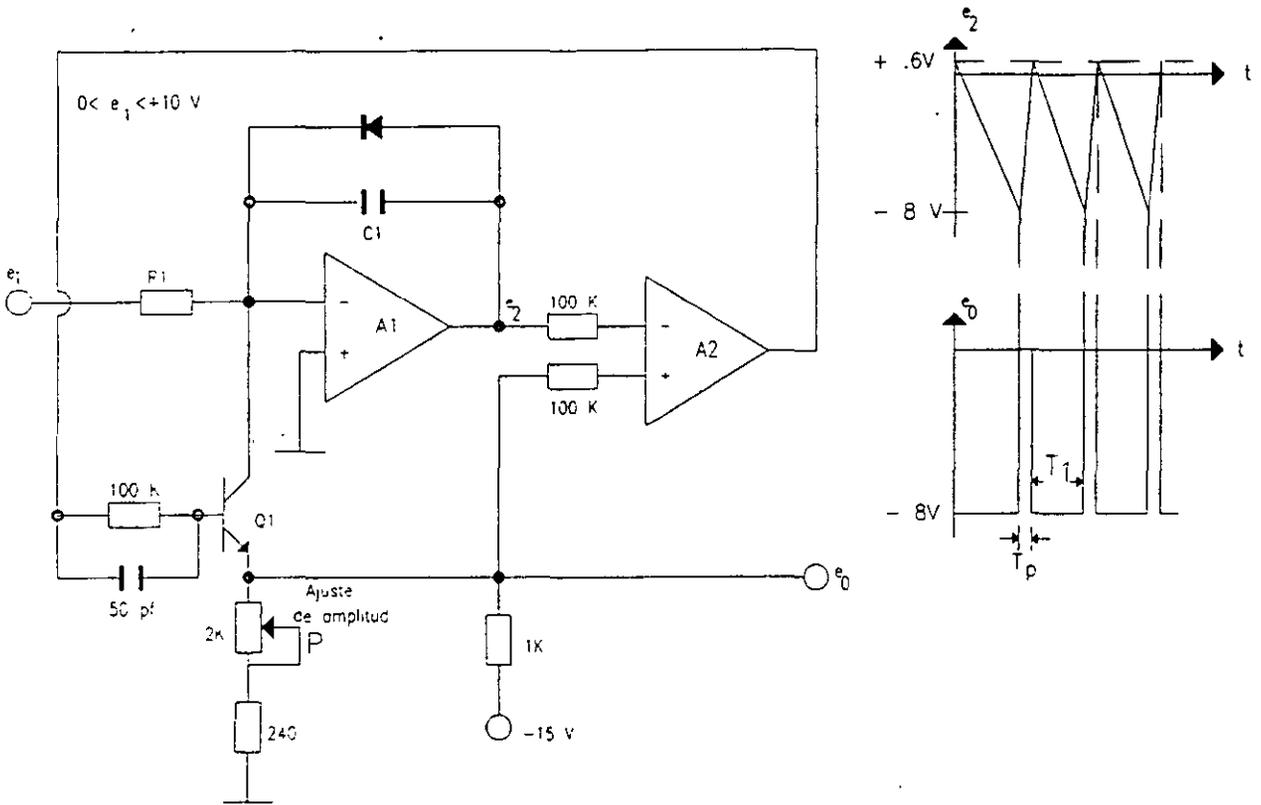


Figura 2

El voltaje de entrada  $e_1$  es positivo, y por ello, el integrador A1 integrará en la dirección negativa. Cuando la salida de A1 supere el valor de  $-8\text{ V}$ , la salida de A2 conmutará a un valor positivo. Esto llevará a Q1 al estado de conducción, y como el colector de Q1 está aproximadamente a  $0\text{ V}$ <sup>1</sup>, la salida  $e_0$  estará también muy cerca de  $0\text{ V}$ . Más exactamente, el transistor Q1 estará en su voltaje de saturación, es decir, cerca de  $0.1\text{ V}$ . Con Q1 en ON, funcionará como fuente de corriente en el punto de unión con el integrador y A1 integrará rápidamente en la dirección positiva. Cuando la salida del integrador excede de cero, el comparador A2 conmutará a la condición de saturación negativa. El diodo en paralelo con el integrador impide el sobretiro y reduce el tiempo de retraso. Al hacerse negativa A2, Q1 volverá a la condición de OFF. se completa entonces el ciclo y comenzará de nuevo.

El tiempo de retraso al conmutar A2 de un estado saturado al otro, limita el intervalo de frecuencia práctico de este circuito.

El factor de conversión de este circuito se determina de acuerdo a las siguientes ecuaciones

1 Para más detalles ver el Apéndice B

$$\frac{e_1 T_1}{R_1 C_1} = 8.6 \quad y \quad f = \frac{e_1}{T_1 + T_p}$$

sustituyendo

$$f = \frac{1}{\frac{8.6 R_1 C_1}{e_1} + T_p}$$

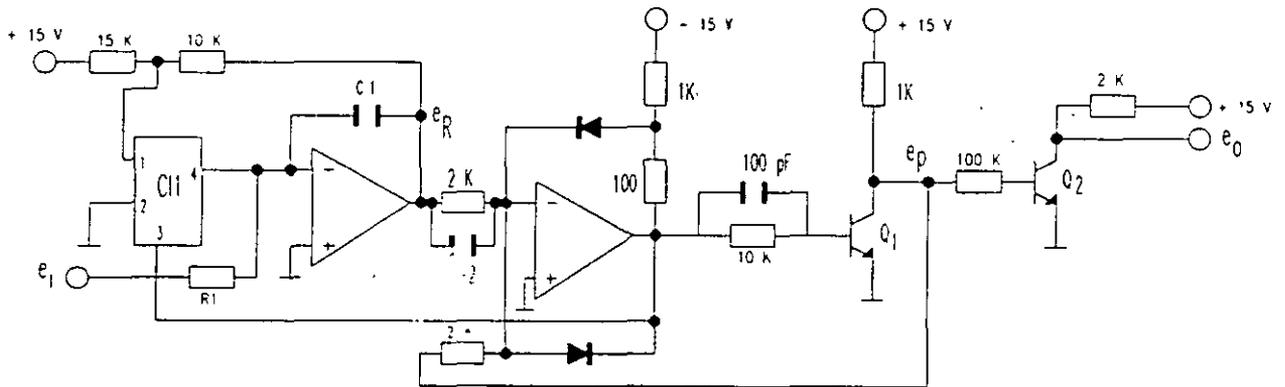
Si  $T_p < T_1$ , entonces

$$f = \frac{e_1}{8.6 R_1 C_1}$$

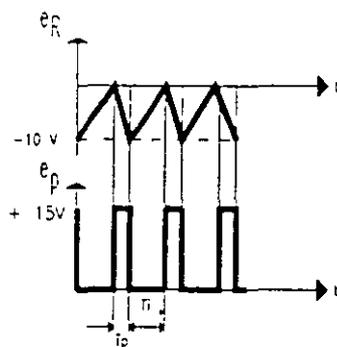
La linealidad de este circuito es bastante buena a bajas frecuencias, donde  $T_p$  es mucho menor que  $T_1$ . pero es mala a altas frecuencias.

### CVF DE ALTA CALIDAD

Un convertidor de voltaje a frecuencia lineal es el que usa dispositivos de alta calidad. Un circuito como éste, se muestra en la Figura 3a.



c)



b)

Figura 3

Básicamente este convertidor es igual al anterior (CVF de salida de tren de pulsos), sólo que ahora se le agrega a la entrada un amplificador de corriente conmutada (CI1) y un integrador de alta velocidad (A1) con facultad

## Práctica 11

para volver a poner en cero la corriente amplificada. Además, cuenta con arreglos de capacitores, resistencias y transistores que permiten que la linealidad del convertidor mejore.

El integrador A1 está controlado por el amplificador de corriente conmutada (CI1). Cuando el voltaje en el pin 3 es alto (aproximadamente +4 V), A1 integra con la rapidez determinada por R1, C1 y e1. Cuando el voltaje en el pin 3 es bajo (aproximadamente +0.6 V), el integrador volverá rápidamente a -10 V. El amplificador A2 y el transistor Q1 actúan como un comparador de alta velocidad. Q2 es una etapa de salida, separadora opcional. En la Figura 3b. se muestran formas de onda típicas de este convertidor. La resistencia de entrada R1 o el capacitor C1 pueden variarse para que proporcionen el factor de escala deseado de conversión.

Las ecuaciones de operación son:

$$\frac{e_1 T_1}{R_1 C_1} = 10 \quad y \quad f = \frac{1}{T_1 + T_p}$$

sustituyendo

$$f = \frac{1}{\frac{10 R_1 C_1}{e_1} + T_p}$$

El tiempo de reajuste,  $T_p$ , será de 3 a 4  $\mu\text{seg}$  usando los valores de los componentes mostrados. Si  $T_p = 3 \mu\text{seg}$  y  $C_1 = 0.01 \mu\text{Fd}$  entonces

$$f = \frac{e_1}{R_1 \times 10^{-7} + 3 e_1 \times 10^{-6}}$$

Si por ejemplo, se deseara un factor de escala de 1Khz/V, entonces,  $R_1$  debería ser aproximadamente de 10 K, por lo cual

$$f = e_1 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$y \quad 0 < f < 10 \text{ KHz} \quad \text{para} \quad -10 \text{ V} < e_1 < 0$$

## CONVERTIDORES F/V

La conversión F/V es conocida sobre todo por los problemas derivados de los instrumentos, desde los tacómetros para automóviles hasta los dispositivos de detección de radioactividad.

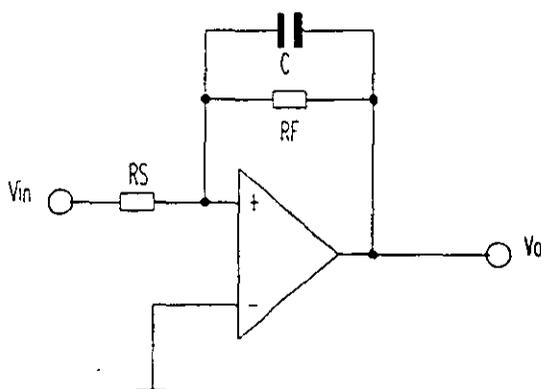


Figura 4

Un caso sencillo es aquel en el que la frecuencia de entrada está constituida por una secuencia de pulsos de forma y amplitud bien determinados con área constante. En dicho caso para realizar la conversión basta usar un filtro paso-bajas como el que se muestra en la Figura 4.

Las ecuaciones de operación son:

$$V_0 = - \frac{V_{in} R_F}{R_s (1 + 2 \Pi f R_F C)}$$

Con una constante de tiempo RC pequeña se tiene una respuesta rápida pero aumentará el rizo de la salida mientras que si la constante de tiempo RC es grande reducirá mucho la velocidad de respuesta del dispositivo.

Cuando la señal de entrada no sea un pulso (como puede ser una señal senoidal, triangular, etc.), basta con adoptar el esquema de la Figura 5 para realizar la conversión. En el esquema, el detector de cruce por cero genera un pulso que va a controlar un monoestable formador de pulsos cuya señal de salida se envía al filtro paso-bajas.

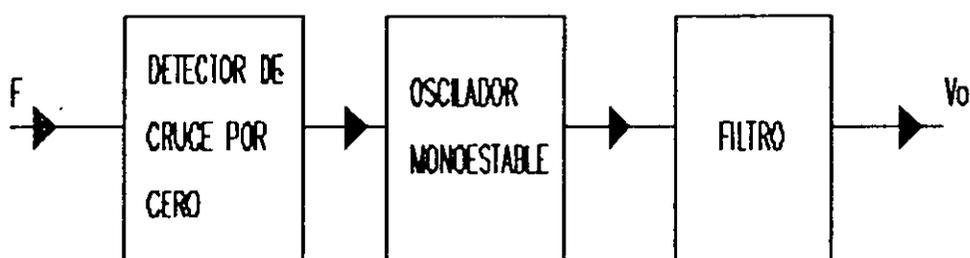


Figura 5

## DESCRIPCION DEL EQUIPO

En la Figura 6 se muestra el circuito electrónico de los convertidores V/F y F/V, los cuales constituyen el módulo G21. En dicho módulo se halla también representado el circuito de un fotoaislador con el cual se pueden llevar a cabo simulaciones de transmisión de datos analógicos aislando electricamente la parte transmisora de la parte receptora.

## CONVERTIDOR V/F

El circuito electrónico del convertidor V/F constituye el cuadro "V/F CONVERTER" del módulo G21. Para comprender el funcionamiento de este dispositivo se hará referencia al diagrama de la Figura 7. Para analizar el principio de funcionamiento del dispositivo se considerará, que la salida del comparador es 0 V (saturación inferior). En esta condición, la posición de los interruptores analógicos es la representada en dicha figura.

El voltaje de entrada  $V_{in}$  es aumentado por el amplificador no inversor, cuya salida se conecta al integrador inversor. En el comparador, la entrada no inversora se halla presente un voltaje de -8 V, e invierte su estado de salida cuando su entrada inversora es más negativa que -8 V. La señal de salida del integrador asume valores cada vez más negativos (rampa de bajada) hasta llegar por debajo de los -8 V. En este punto, el comparador invierte su estado de salida pasando a la condición de saturación superior (alrededor de 12 V).

Debido a esto los interruptores analógicos cambian de posición, por lo que la señal que llega al integrador será ahora el voltaje de entrada  $V_{in}$  amplificado e invertido, mientras que el nuevo valor de umbral del comparador será 0 V.

V/F CONVERTER

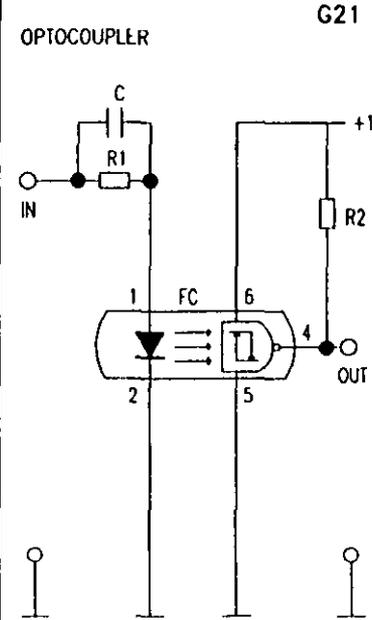
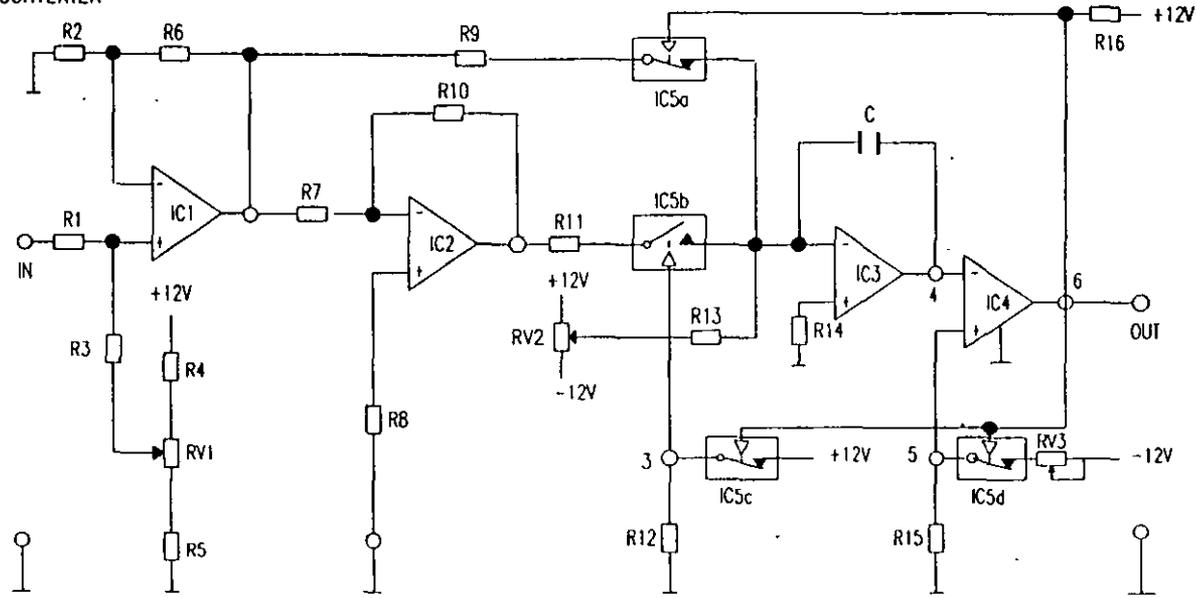
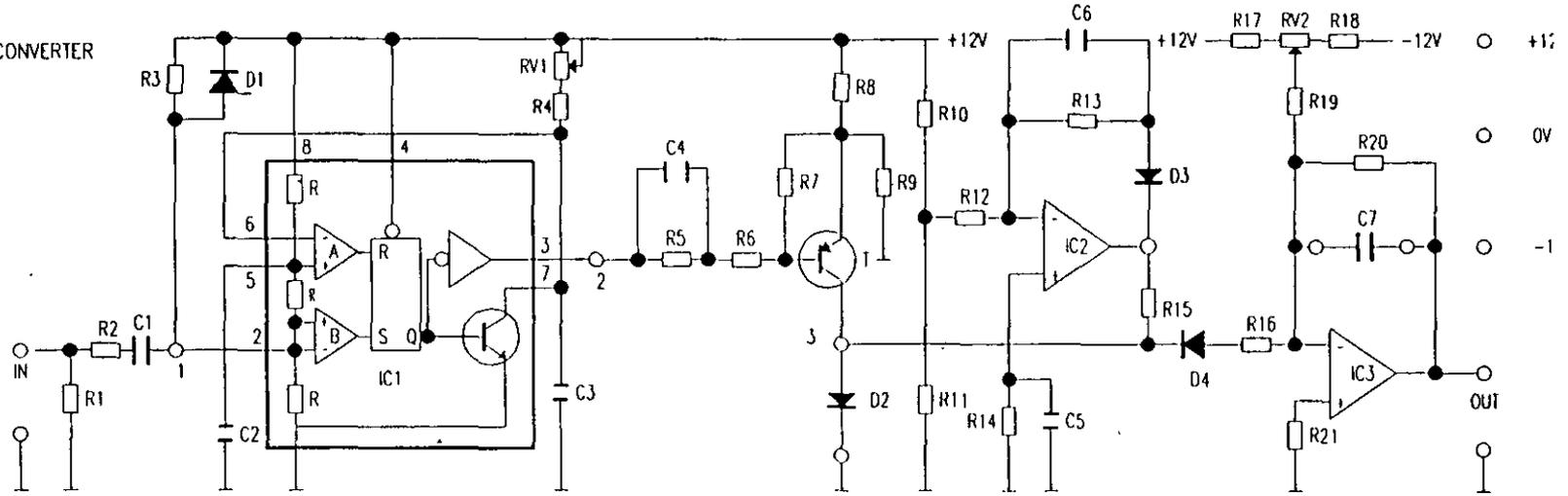


Figura 6

F/V CONVERTER



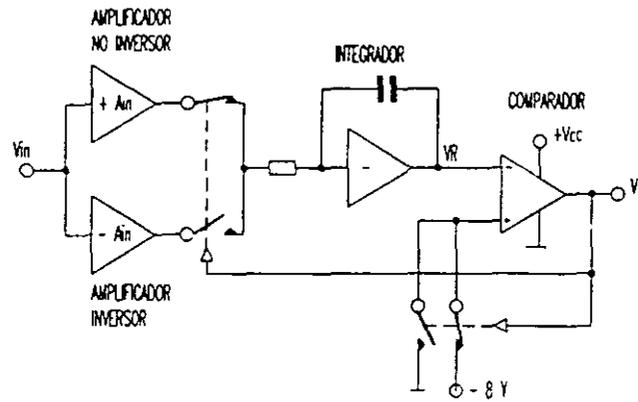


Figura 7

El voltaje de salida del integrador empieza a subir (rampa positiva) pasando de valores negativos al valor cero. Tan pronto como la rampa supera este último valor la salida del comparador cambia y va a cero. Seguidamente, se desarrolla otro ciclo como el anterior, obteniéndose en la salida una onda cuadrada.

La velocidad de subida de la rampa está dada por la ecuación  $(V_{in} \times A) / RC$ , es decir, que es función del voltaje de entrada.

Ya que el tiempo que transcurre entre dos conmutaciones del comparador depende de la velocidad de subida de la rampa, la frecuencia de la señal de salida  $V_o$  será directamente proporcional al voltaje de entrada.

Las formas de las señales que se encuentran en el convertidor están representadas en la Figura 8, en la que se observa que la entrada debe ser positiva.

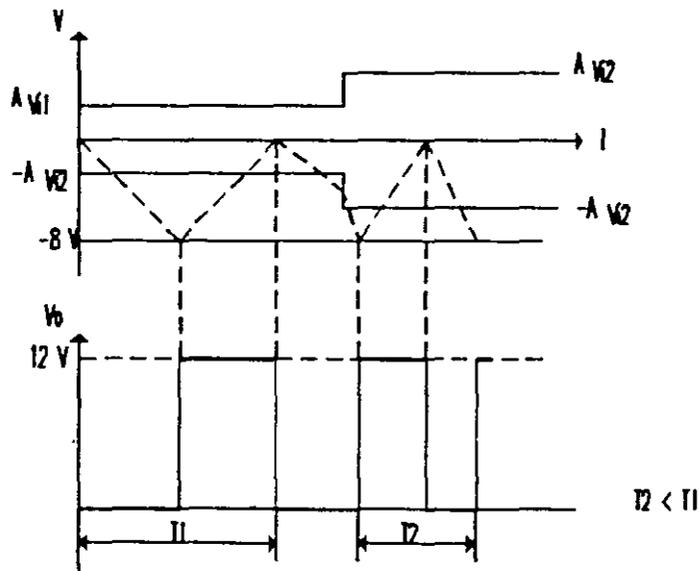


Figura 8

Con base en lo anterior, se describirá el convertidor V/F del módulo G21 que se muestra en la Figura 6.

Los amplificadores operacionales IC1 e IC2 (del tipo A741) constituyen, respectivamente, el amplificador de entrada no inversor e inversor. El potenciómetro RV1 junto con la resistencia R3 sirven para fijar la frecuencia

## Práctica 11

mínima del convertidor. Esto es útil cuando se requiere que a un voltaje de entrada nulo le corresponda una frecuencia de salida distinta de cero, para facilitar la operación inversa y para asegurar la transmisión del dato analógico "0". Para ello se introduce un voltaje de "offset" constante (mediante R3 y RV1) que permite obtener en la salida una cierta frecuencia.

El operacional IC3 constituye el integrador, con constante de integración igual a R9C o a R11C, según se trate de una rampa de bajada o de subida.

El potenciómetro RV2 sirve para equilibrar el "offset" de las dos señales (positiva o negativa) aplicadas al integrador, de modo que la onda cuadrada de salida resulte simétrica.

El comparador IC4 confronta la señal de salida del integrador con el voltaje de cero volts (rampa de subida) o con un voltaje negativo (rampa de bajada) adecuadamente escogida como para que la frecuencia de salida sea máxima. El valor de esta última se determinará variando el potenciómetro RV3.

Los interruptores analógicos de que consta el circuito integrado IC5 funcionan de la manera siguiente: cuando la salida del comparador IC4 está en cero, los interruptores "a", "c" y "d" se hallan en la condición de reposo (contactos cerrados). Ahora, en el punto 3 hay un voltaje de 12 V que sirve para controlar la apertura del contacto del interruptor "b". Por lo tanto, en la entrada del integrador IC3 se encuentra aplicada la señal de entrada  $V_{in}$  amplificada y sin invertir.

El umbral de conmutación del comparador IC4 está fijado en el valor del voltaje negativo establecido por el divisor R15-RV3.

Tan pronto como el voltaje del punto 6 alcanza 12 V (saturación superior) los contactos de los interruptores "a", "c" y "d" se abren, mientras que el interruptor "b" se cierra, ya que el voltaje del punto 3 es de 0 V. De este modo en la entrada del integrador se halla ahora aplicada la señal de entrada  $V_{in}$  amplificada e invertida, mientras que el umbral de conmutación del comparador es ahora de 0 V.

Se han elegido los valores de los componentes de forma que una frecuencia de salida de 1 KHz corresponda a un voltaje de entrada de 0 V, y que una frecuencia de salida de 9 KHz corresponda a un voltaje de entrada de 8 V.

## CONVERTIDOR FRECUENCIA/VOLTAJE

El diagrama electrónico del convertidor F/V constituye el cuadro "F/V CONVERTER" del módulo G21. Para comprender el funcionamiento de este convertidor, se hará referencia al diagrama a bloques de la Figura 9.

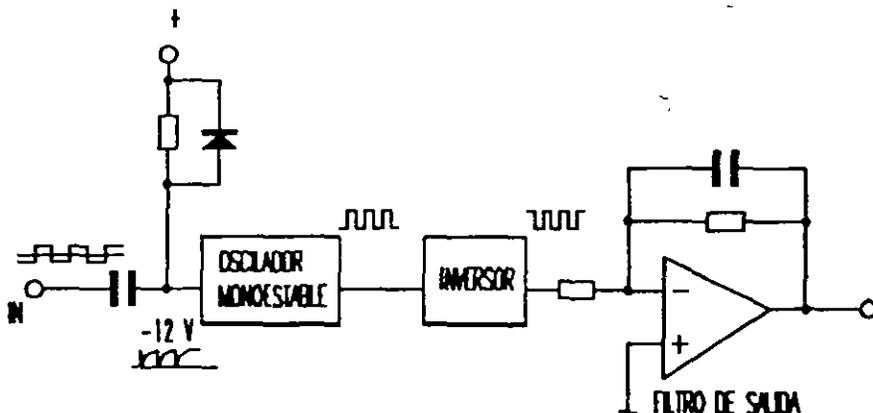


Figura 9

Se considera una señal de entrada con una cierta frecuencia, la cual pasa a través del capacitor de entrada y activa el oscilador sólo con los frentes de bajada, en correspondencia con los cuales se tendrá en la salida del oscilador un tren de pulsos, de duración constante y de frecuencia igual a la de la señal de entrada, que después de ser invertidos se envían hasta un filtro paso-bajas. La salida del filtro proporciona un voltaje cuya amplitud es proporcional a la frecuencia de la señal de entrada.

En la Figura 10 pueden observarse las formas de las señales detectadas en el convertidor.

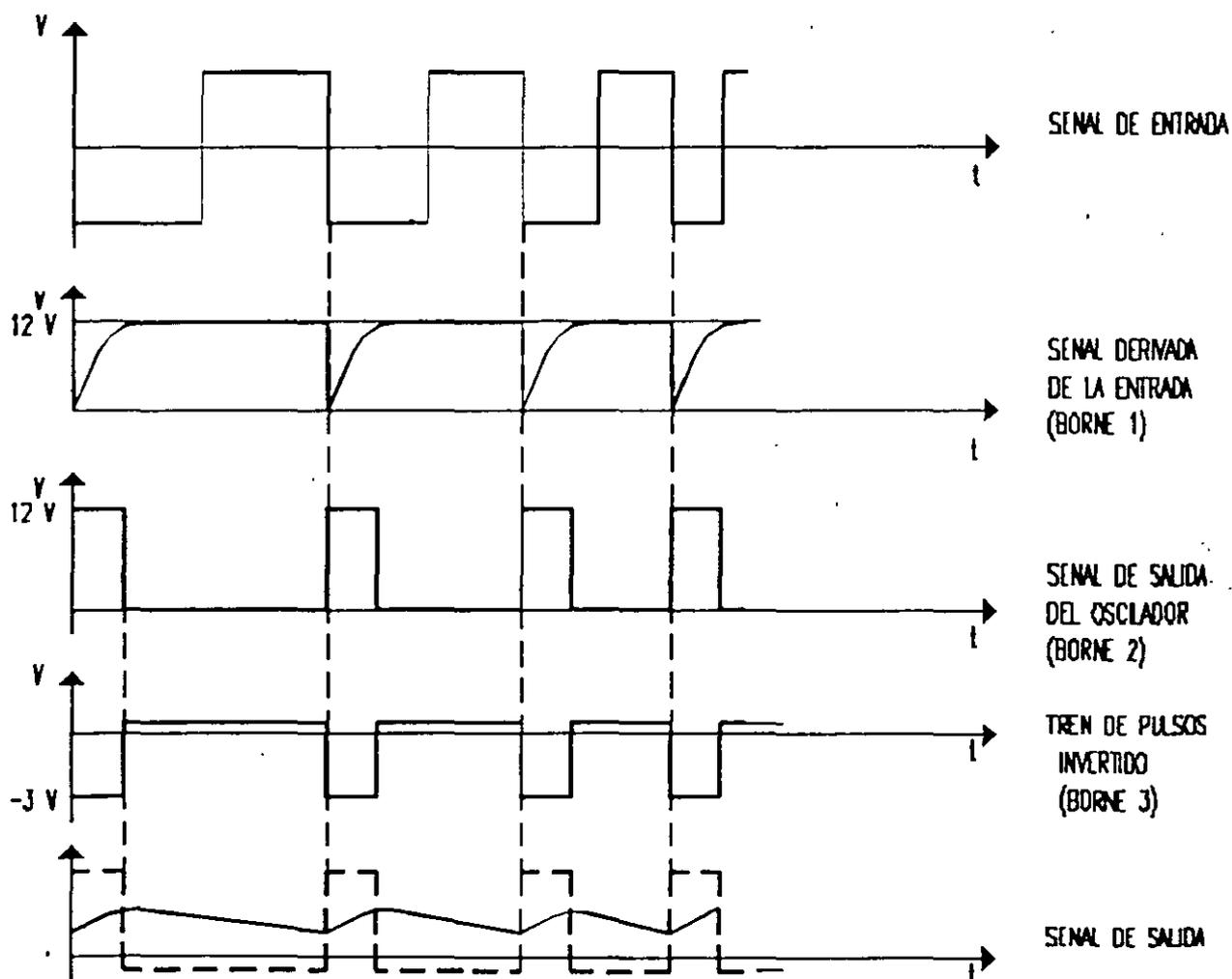


Figura 10

Con base a lo anterior, se describirá el convertidor de frecuencia/voltaje del módulo G21 mostrado en la Figura 6.

## Práctica 11

C1 es el capacitor de entrada; en correspondencia con el frente negativo de la señal de entrada, el punto 1 va a 0 V, pudiéndose así controlar el oscilador monoestable IC1 (SN555). En la salida del monoestable (punto 2 del módulo) habrá un pulso disponible cada vez que la señal de entrada presente un frente negativo. Dicho pulso tendrá una duración determinada por las resistencias RV1 y R4 y por el capacitor C3. Sin frente negativo, el punto 2 está a 0 V y el transistor T conduce. Por ello el diodo se polarizará directamente y se tendrá en el punto 3 un voltaje de + 0.6 V. En cambio, con un frente negativo, el voltaje en el punto 2 es positivo, llevando al transistor T al estado de corte.

En el punto 3 el voltaje de la señal alcanza un valor que depende de las resistencias R15 y R16. Dicha señal (ver la Figura 10 borne 3) es filtrada e invertida por el circuito auxiliar del operacional IC3 (A741).

El potenciómetro RV1 sirve para fijar la duración del pulso suministrado por el monoestable. Naturalmente, dicho pulso deberá durar menos que el período de la onda cuadrada de entrada correspondiente a la máxima frecuencia. Otra función del potenciómetro RV1 es la de regular el voltaje de salida para la frecuencia máxima, haciendo que ésta corresponda al máximo voltaje de salida. Con el potenciómetro de "offset" (RV2), se regula el voltaje de salida para la frecuencia mínima.

Normalmente a la *mínima* frecuencia de trabajo se le debe hacer corresponder un voltaje nulo.

Evidentemente, estas dos calibraciones son iterativas, por lo que habrá que repetir las hasta que se obtengan los valores deseados.

El transistor T y el amplificador operacional IC2 constituyen el bloque inversor de la figura 9.

### FOTOACOPLADOR (O FOTOAISLADOR)

Para llevar a cabo ensayos de transmisión de datos analógicos es necesario utilizar un sistema transmisor que resulte aislado eléctricamente de la parte receptora. Para ello el módulo G21 cuenta con un fotoacoplador. El diagrama electrónico de este dispositivo se halla reproducido en el cuadro "OPTOCOUPLER" del módulo G21.

Se puede conectar la salida del convertidor V/F con la entrada "IN" del fotoacoplador y, la salida "OUT" de éste a la entrada "IN" del convertidor F/V.

El fotoacoplador es del tipo disparador de Schmitt, de modo que en la salida se pueda disponer de una onda cuadrada bien definida.

Las gama de frecuencias útil debe ser tal que satisfaga los márgenes de los convertidores V/F y F/V.

### OBJETIVOS

- Conocer el principio de funcionamiento de los convertidores V/F y F/V.
- Aprender la técnica de calibración de los convertidores V/F y F/V que constituyen el módulo G21.
- Determinar la linealidad y rango de operación de los convertidores V/F y F/V.
- Simular un sistema de transmisión interconectando ambos convertidores. Así mismo, determinar su linealidad y rango de operación.

## EQUIPO Y MATERIAL

- Módulo G21
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Frecuencímetro
- Voltmetro digital
- Fuente de poder regulada
- Fuente de poder de +20 y -20 V
- Resistencia de 10 ohms
- Amplificador Operacional LM-741
- Capacitor de  $0.22 \mu F$
- Cables para conexiones

## DESARROLLO

### EXPERIMENTO 1. CALIBRACION DEL CONVERTIDOR V/F

- Conectar los bornes  $\pm 12 V$  y  $0 V$  del módulo G21 a una fuente de poder regulada sin encenderla aún.
  - Conectar la fuente de poder regulada variable de 0 a 15 V (apagada), a la entrada "IN".
  - Conectar los canales A y B del osciloscopio al borne 4 y a la salida "OUT" (borne 6), respectivamente.
  - Conectar el frecuencímetro a la salida "OUT".
  - Verificar que el cableado sea el correcto; luego, encender la fuente de poder.
  - Aplicar 0 V a la entrada "IN".
  - Variar el potenciómetro RV1 hasta que el frecuencímetro indique 1KHz.
  - Variar el potenciómetro RV2 para hacer simétrica la onda triangular presente en el borne 4 (canal A del osciloscopio).
  - Aplicar 8 V a la entrada "IN".
-





## Práctica 11

- Con la señal de entrada de 9 KHz, vea en canal A del osciloscopio la señal de entrada y en el canal B vea las señales que se presentan en los bornes 1, 2 y 3 y también la señal del borne de salida. Dibuje la señales vistas.
- Aumente la frecuencia de la señal de entrada a más de 9 KHz hasta que el voltaje de salida sea constante. Anote el valor de la frecuencia a partir del cual el voltaje de salida no varía.

### EXPERIMENTO 5. SIMULACION DE UN SISTEMA DE TRANSMISION DE SENAL ANALOGICA CON LOS CONVERTIDORES DE V/F Y DE F/V

- Calibrar el equipo como se indica en los experimentos 1 y 3.
- Conectar en la entrada "IN" del convertidor V/F una fuente de alimentación regulada variable (apagada).
- Armar el circuito que se muestra en la Figura 11.
- Conectar la salida "OUT" del convertidor V/F a la entrada de la línea de transmisión.
- La salida de la línea de transmisión conectarla a la entrada "IN" del convertidor F/V.

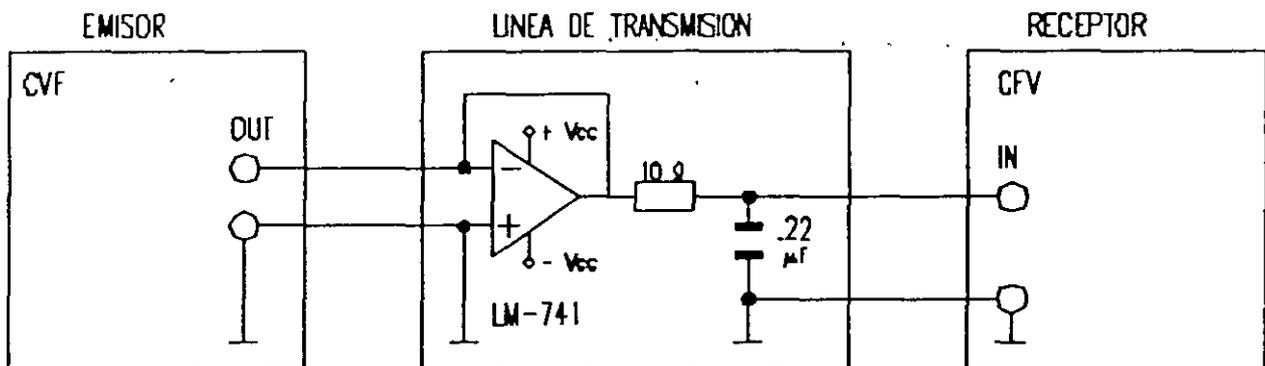


Figura 11

- Conectar un voltmetro digital a la salida "OUT" del convertidor F/V.
- Verificar el cableado, luego encender las fuentes de poder.
- Variar el voltaje de entrada de 0 a 8 V con saltos de 0.5 V y, en correspondencia con cada uno de ellos, leer y registrar el voltaje de salida.
- Apague las fuentes de poder.
- Ahora conecte la salida de la línea de transmisión a la entrada del fotoaislador y la salida del fotoaislador conéctela a la entrada del convertidor F/V como se ilustra en la Figura 12.



## Práctica 11

---

4. Explique cómo se podría aumentar el rango de operación del convertidor F/V.
5. Tomando de referencia la señal de entrada de 9 KHz, dibuje el diagrama de tiempos de acuerdo a las señales observadas en los bornes 1, 2 y 3 y en el borne de salida del convertidor F/V.
6. Con base a los datos de la Tabla 3, graficar la curva  $V_{in}$  vs  $V_{out}$ , asimismo, determinar la linealidad del circuito transmisor.
7. Comente por qué al conectar directamente ambos convertidores de V/F y de F/V no se registro ningún voltaje de salida.
8. En el esquema de la Figura 11, qué función realiza el amplificador operacional LM-741 ?
9. ¿Por qué la línea de transmisión está representada por una resistencia y un capacitor.
10. ¿Qué función realiza el fotoaislador ?

## CONVERTIDORES DE VOLTAJE A CORRIENTE Y CORRIENTE A VOLTAJE

En algunas aplicaciones, tales como en el control de bobinas (electroimanes) y en la transmisión de señales por líneas muy largas, a menudo es preferible adoptar una señal de corriente en lugar de una de voltaje; y en el caso de transmisión de señales de corriente muchas veces es necesario, para recibirlas, convertirlas en señales de voltaje.

Las conversiones se realizan básicamente con dos tipos de dispositivos, unos denominados "convertidores V/I" y "convertidores I/V", los cuales transforman un voltaje en corriente o bien una corriente en voltaje; y los llamados "transmisores".

Los transmisores son dispositivos que reciben la señal de un transductor o de un elemento primario y la convierten en una señal eléctrica o en una señal neumática, llamándose respectivamente, transmisores de salida eléctrica o de salida neumática. Los rangos estandarizados de las señales de salida son de 4 a 20 mA para la señal eléctrica y de 3 a 15 Psi para la neumática.

En relación con los convertidores V/I, al campo de voltajes de entrada le corresponden un margen de corriente de salida normalizado de 4 mA a 20 mA. Este rango de corriente desplazado de cero es de gran utilidad ya que se puede detectar fácilmente la condición de "alambre abierto o interrumpido" diferenciándose de la condición  $I=0$ .

El rango de salida del convertidor I/V se selecciona según la aplicación y normalmente es de 0 V a 8 V, de 0 V a 10 V, de -8 V a +8 V o de -10 V a +10 V.

Los convertidores de V/I e I/V se basan en las aplicaciones del amplificador operacional.

El amplificador operacional es un amplificador de alta ganancia y de acoplamiento directo. Generalmente está diseñado para amplificar señales que abarcan un amplio rango de frecuencia y normalmente se usa con redes realimentadas. Aunque muchos amplificadores operacionales usan una sola terminal de entrada, muchos otros utilizan la entrada diferencial, y todos tienen una sola terminal de salida. La mayoría de los amplificadores operacionales se representan por el símbolo de la Figura 1.

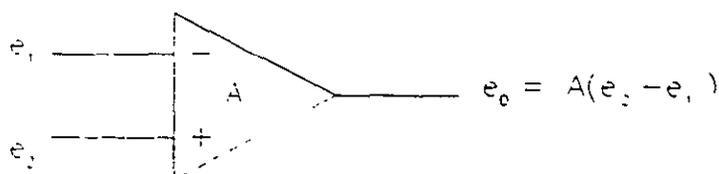


Figura 1

Existen propiedades ideales de los amplificadores operacionales hacia las cuales está dirigido su diseño. Estas propiedades no se realizan en la práctica, pero su consideración permite realizar análisis preliminares de los circuitos realimentados que se incluyen en todos los amplificadores.

## Práctica 12

Las propiedades idealizadas del amplificador son las siguientes:

Ganancia =  $\infty$  ( $A \rightarrow \infty$ )

$e_o = 0$  cuando  $e_1 = e_2$

Impedancia de entrada =  $\infty$  ( $Z_i \rightarrow \infty$ )

Impedancia de salida = 0 ( $Z_o \rightarrow 0$ )

Ancho de banda =  $\infty$  (retraso en la respuesta = 0)

Cuando se incluye una realimentación, las características del amplificador son determinadas principalmente por la red de realimentación.

### Convertidores de voltaje-corriente

Los convertidores V/I más sencillos son los que utilizan el amplificador operacional en su configuración de inversor y no inversor.

Los circuitos ilustrados en la Figura 2 a) y b) constituyen ejemplos de este tipo.

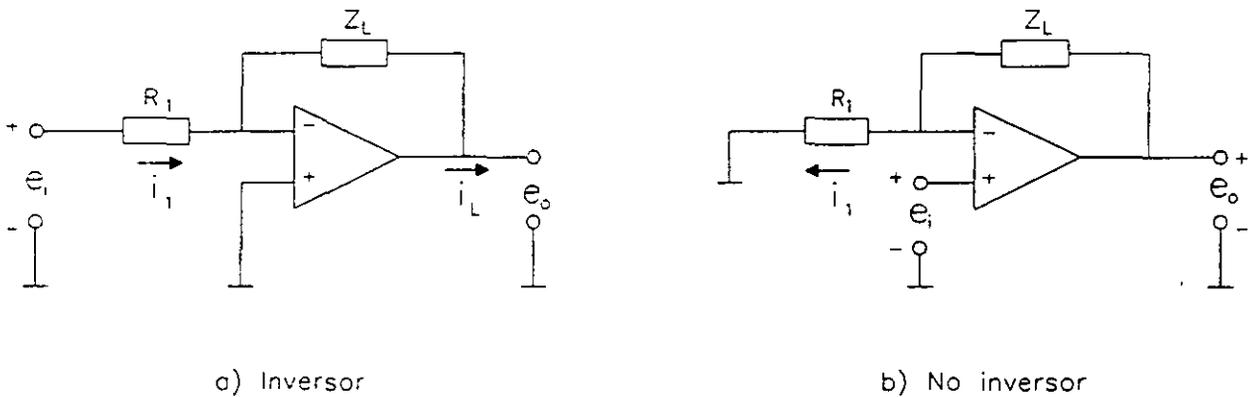


Figura 2

El circuito de la Figura 2a) es un simple inversor. La corriente de entrada es la corriente de carga y está dada por:

$$i_1 = \frac{e_i}{R_1} = K e_i = i_L$$

ya que  $R_1$  está conectada a la tierra virtual de la unión suma.

Esta misma corriente fluye a través de la impedancia de carga de realimentación  $Z_L$ . La corriente  $i_1$  es independiente del valor de  $Z_L$  y tanto la fuente de señal como el amplificador operacional deben ser capaces de suministrar la cantidad deseada de corriente de carga.

El circuito de la Figura 2b) opera en modo "no inversor" y presenta una alta impedancia a la fuente de excitación.

La corriente se sigue expresando mediante la ecuación:

$$i_1 = \frac{e_i}{R_1} = K e_i = i_L$$

donde  $i_1$  es de nuevo la corriente de carga. La corriente requerida por la fuente de señal es muy pequeña a causa de la alta impedancia del amplificador no inversor.

Otro convertidor V/I para cargas fluctuantes (esto es, cargas de variaciones pequeñas y rápidas) se ilustra en la Figura 3 que corresponde a un amplificador de corriente. En dicho convertidor la mayor parte de la corriente es suministrada por el amplificador operacional y sólo una pequeña parte por la fuente de señal de entrada<sup>1</sup>.

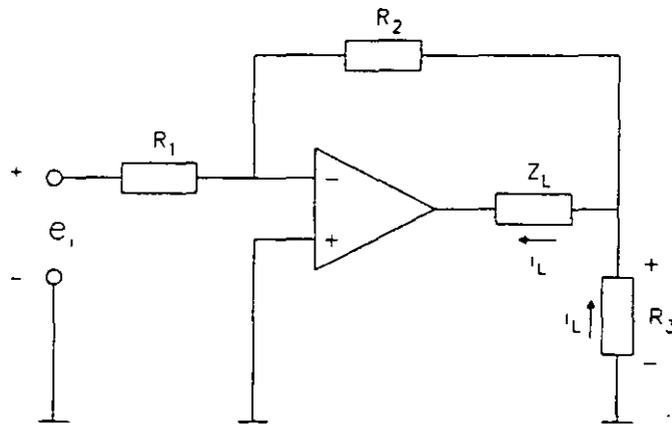


Figura 3

Para este circuito, la corriente de carga esta dada por la ecuación:

$$i_L = k e_i$$

donde

$$k = \frac{1}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)$$

entonces

$$i_L = \frac{e_i}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)$$

<sup>1</sup> Las deducciones de las ecuaciones para  $i_L$  de los convertidores V/I se detallan en el Apéndice C.

## Práctica 12

$R_3$  es la resistencia de escalamiento de corriente. Para minimizar la carga de la fuente de señal es conveniente que  $R_1$  sea bastante grande. El amplificador debe ser capaz de proporcionar a la carga toda la corriente y presentar en su salida un voltaje igual a:

$$e_{O\text{máx}} = i_{L\text{máx}}(Z_L + R_3)$$

Para cargas que están conectadas a tierra, se tiene el circuito de la Figura 4. En éste, con un solo amplificador se tiene una fuente de corriente controlada por voltaje  $e_i$ .

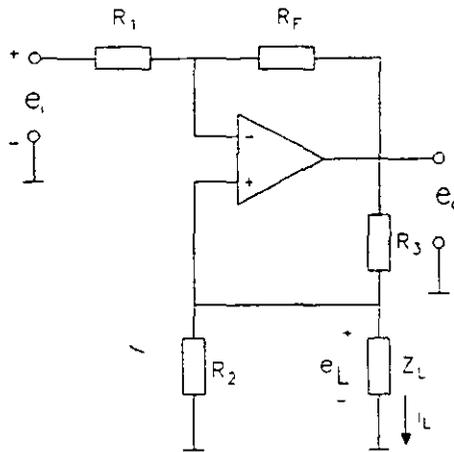


Figura 4

La expresión que vincula el voltaje con la corriente es:

$$i_L = -\frac{e_i}{R_L}$$

siempre que

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_F}{R_1}$$

Si estas relaciones de resistencia son iguales, el circuito funcionará como una fuente de corriente propiamente dicha con una impedancia interior muy alta. Si estas relaciones no se igualan, habrá un decremento de la impedancia de entrada de la fuente de corriente. En este circuito las pequeñas variaciones de la impedancia de la carga efectiva provocarán también pequeñas variaciones en el valor de la corriente de salida.

Este convertidor debe tener un rango de voltaje de salida suficiente para proporcionar el voltaje máximo de carga más la caída de voltaje a través de  $R_3$ . Normalmente,  $R_1$  y  $R_2$  deben ser suficientemente grandes como para que en ellas circulen pequeñas corrientes, mientras que  $R_F$  y  $R_3$  deberán ser pequeñas para reducir al mínimo las caídas de voltaje.

El circuito convertidor V/I de la Figura 5 utiliza dos amplificadores inversores para controlar la corriente de una carga conectada a tierra.

Esta corriente está dada por la ecuación:

$$i_L = e_i \frac{R_3 R_F}{R_1 R_2} \frac{1}{R_3 + Z_L \left[ 1 + \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_3 R_F}{R_1 R_2} \right]}$$

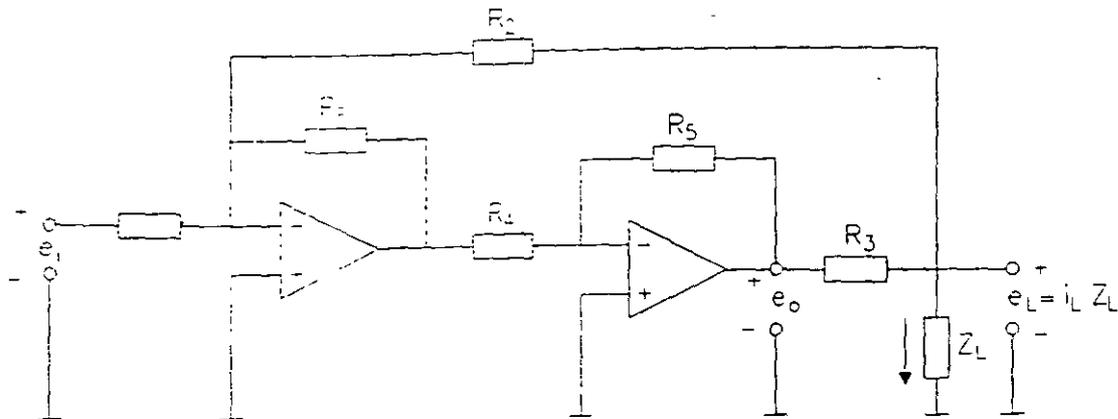


Figura 5

Si se escogen las resistencias de modo que

$$1 + \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5 R_F}{R_4 R_1}$$

se tendrá entonces:

$$i_L = \frac{e_1 R_5 R_F}{R_3 R_4 R_1}$$

De modo particular, si

$$R_1 = R_F = R_4 = R_5$$

se obtendrá:

$$i_L = \frac{e_1}{R_3}$$

y

$$R_2 = R_F - R_3$$

Si  $R_1$  es grande, la corriente suministrada por la fuente será muy pequeña y muy poca circulará a través de los elementos de realimentación.

Entonces el voltaje de salida está dada por:

$$e_{o \text{ máx}} = i_{L \text{ máx}} (Z_L + R_3)$$

La Figura 6 representa una forma modificada del CVI anterior. Este circuito ofrece la característica adicional de tener una impedancia de entrada elevada.

La expresión de la corriente de salida en función del voltaje es la siguiente:

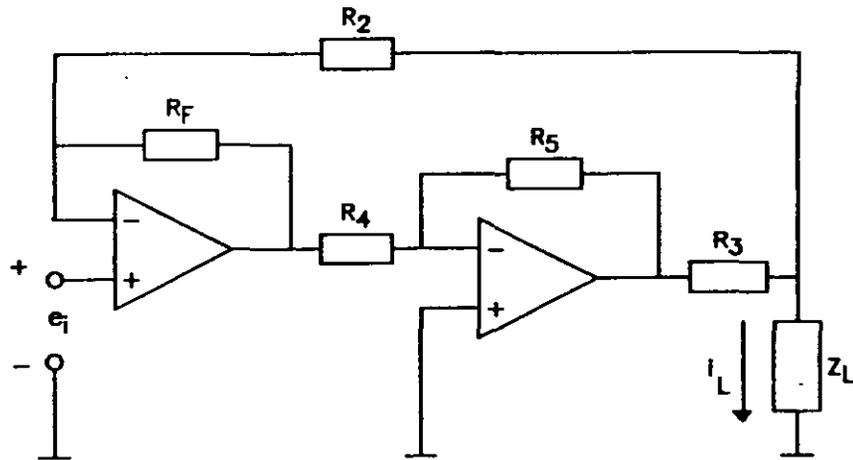


Figura 6

$$i_L = -\frac{e_i \left[ \frac{R_5}{R_4} \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) - \frac{R_3}{R_2} \right]}{R_3 + R_L \left( 1 + \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_5 R_F}{R_2 R_4} \right)}$$

Si se escogen las resistencias de modo tal que

$$1 + \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5 R_F}{R_2 R_4}$$

y

$$R_F = R_4 = R_5$$

se obtienen:

$$i_L = \frac{2e_i R_F}{R_2 R_3}$$

y si

$$R_2 = R_F - R_3$$

$$i_L = -2 \frac{e_i}{R_3}$$

### Convertidores de corriente-voltaje

Los convertidores de corriente-voltaje o amplificadores de corriente son muy sencillos si se utilizan los amplificadores operacionales. Una fuente ideal de corriente tiene una impedancia de salida infinita y una corriente de salida independiente de la carga.

El convertidor de corriente-voltaje de la Figura 7 ofrece una impedancia de carga casi igual a cero ya que la entrada inversora está como tierra virtual.

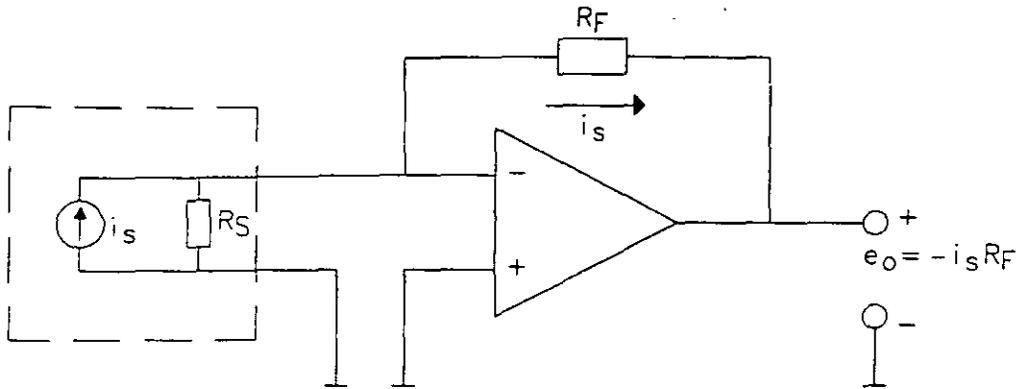


Figura 7

La corriente de entrada atraviesa la resistencia de realimentación  $R_F$  generando un voltaje de salida:

$$e_o = -i_s R_F$$

Si se tienen en cuenta la ganancia finita  $A$  y la impedancia de entrada diferencial  $Z_{iD}$  de lazo abierto, la impedancia de entrada actual  $Z_{in}$  del convertidor de corriente-voltaje es:

$$Z_{in} = \frac{Z_{iD}}{1 + \frac{Z_{iD}}{R_F}(1+A)} = \frac{R_F}{1+A}$$

El límite inferior de medición de la corriente de entrada lo determina la corriente de polarización de la entrada inversora. Para obtener resoluciones más grandes se emplean los FET.

Para el voltaje de "offset" de DC y para el voltaje de ruido, la ganancia del amplificador estará dada por:

$$\frac{R_F + R_S}{R_S} = 1.0 \quad \text{ya que} \quad R_S \gg R_F$$

De esta manera, los errores debidos a estos parámetros son muy pequeños. Sin embargo, el ruido de corriente puede constituir un factor importante a causa de la impedancia muy alta.

Ya que tales circuitos de medición se utilizan para señales de frecuencia muy baja, es común conectar un capacitor  $C_F$  en paralelo con la resistencia  $R_F$  para reducir el ruido de corriente de alta frecuencia. La impedancia de salida del convertidor será más bien baja.

#### Parámetros de los convertidores V/I e I/V

En el diseño o selección de un convertidor de voltaje-corriente, o bien, de un convertidor de corriente-voltaje se deben tomar en cuenta los parámetros siguientes:

- Campo de voltajes (o bien, de corrientes) de entrada. Es el rango de valores extremos correspondientes a la máxima y mínima corriente (ó voltaje) de salida.
- Margen de corrientes (o bien, de voltajes) de salida. Es el rango de valores que corresponden al campo de voltajes (ó corrientes) de entrada.

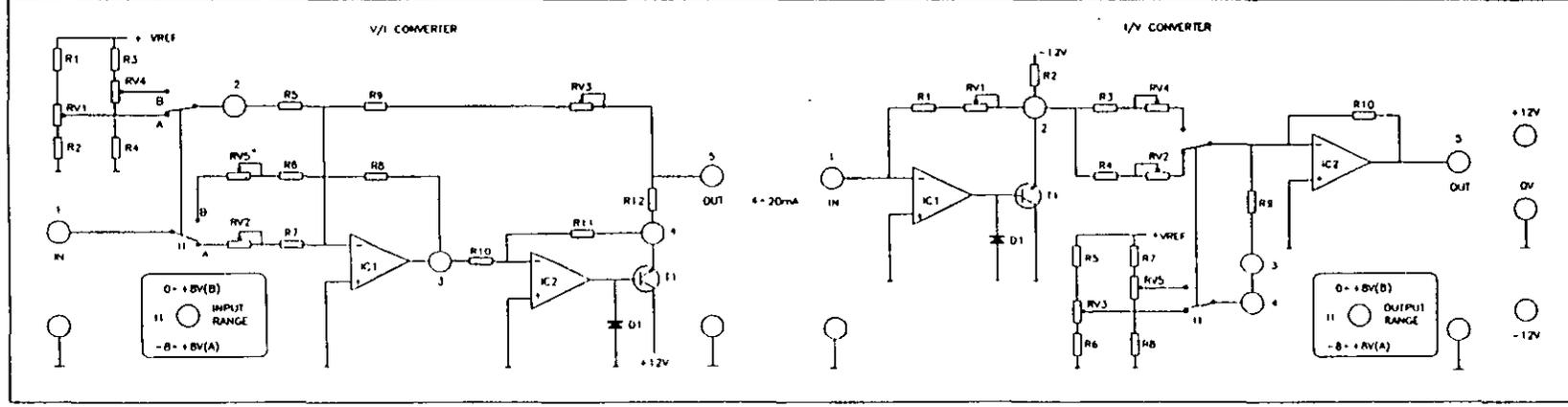


Figura 8

- Máxima impedancia de carga. Es el máximo valor de impedancia que puede presentar el convertidor (como generador de corriente).
- Curva característica de voltaje-corriente. Es la curva que vincula el voltaje de entrada con la corriente de salida.
- Curva característica de corriente-voltaje. Es la curva que vincula la corriente de entrada con el voltaje de salida.
- Por lo que respecta a las características de conversión, también hay que tomar en cuenta la precisión global y la linealidad.
- El margen de temperaturas de trabajo y eventuales coeficientes de dispersión térmica.

## DESCRIPCION DEL EQUIPO

El módulo G32 corresponde a los circuitos de conversión de voltaje-corriente y de corriente-voltaje y está ilustrado en la Figura 8.

Para su funcionamiento, el equipo debe ser alimentado con voltajes continuos estabilizadas de  $\pm 12$  V y 0 V.

El esquema electrónico del convertidor de voltaje-corriente representado en la Figura 9, tiene una configuración similar a la de la Figura 5 explicada anteriormente. A este circuito se le aplican dos voltajes, uno de entrada  $V_{in}$  (borne 1) y uno de referencia  $V_{REF}$  (borne 2).

El funcionamiento es el siguiente: conectando a tierra el borne 5 y considerando unitaria la amplificación de los dos circuitos integrados  $I_{C1}$  e  $I_{C2}$  se tiene que la corriente de salida  $i_L$  será la relación entre el voltaje del borne 4 y la resistencia  $R_{12}$ . Si se intercala una resistencia entre el borne 5 y el de tierra, el voltaje en el borne 5 aumenta (a causa de la caída en la resistencia de salida-carga), y este voltaje se lleva hasta la entrada a través de  $R_9 + R_{V3}$ , con lo que el voltaje en el borne 4 aumentará de modo que el valor de la corriente que fluya en la carga (resistencia) no cambie respecto a la condición de cortocircuito.

El transistor  $T_1$  funciona a modo de amplificador de corriente, mientras que  $D_1$  actúa como protección.

Con el interruptor  $I_1$  se selecciona y se fija el rango de entrada  $A$  para  $-8$  a  $+8$  V y  $B$  para  $0$  a  $8$  V. El voltaje de referencia puede variarse y medirse en el borne 2, esto para obtener 4 mA de salida en correspondencia con el valor más bajo de voltaje del rango de entrada.

El valor de  $R_{12}$  es igual a 253 ohms y el valor máximo de la resistencia de carga es de 150 ohms. Esto se verifica conectando en la salida (entre el borne 5 y tierra) dicho valor de resistencia. Con la máxima corriente (20 mA) el voltaje del borne 4 será:  $20 \text{ mA} \times (253 + 150) = 8 \text{ V}$ , que es el valor límite para no salir de la condición lineal.

Para el caso de que el rango de entrada sea entre 0 y 8 V, hay que conmutar  $I_1$  en la posición  $B$ . El amplificador  $IC1$  amplifica  $1/2$ , por lo que en el borne 3 se tendrá un voltaje de 4 V cuando la entrada sea de 8 V. Con el potenciómetro  $R_{V4}$  el voltaje de referencia desplaza la señal de entrada de modo que a un voltaje de entrada de 0 V le corresponda una corriente de salida de 4 mA.

## Práctica 12

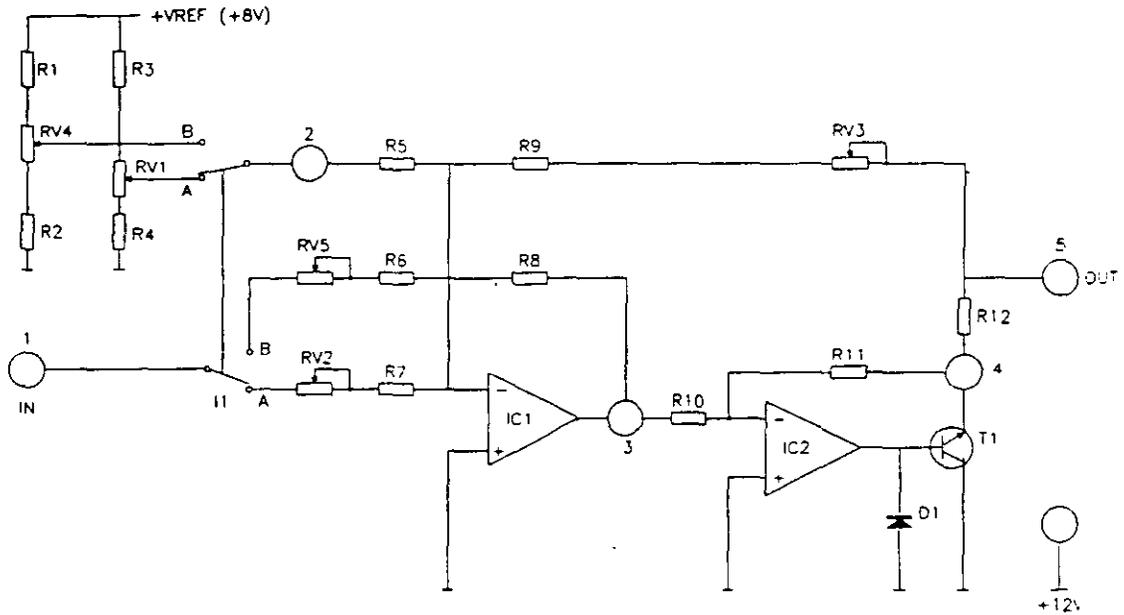


Figura 9

Conmutando en *A* el interruptor  $I_1$  el margen de entrada va de  $-8\text{ V}$  a  $+8\text{ V}$ , por lo que la amplificación de  $IC_1$  será aproximadamente  $1/4$  ( $4\text{ V}$  en el borne 3). Con  $RV_1$  se calibra el convertidor para obtener  $4\text{ mA}$  de salida en correspondencia con  $-8\text{ V}$  de entrada.

### Descripción y funcionamiento del convertidor I/V

El esquema electrónico del convertidor de corriente-voltaje está representado en la Figura 10.

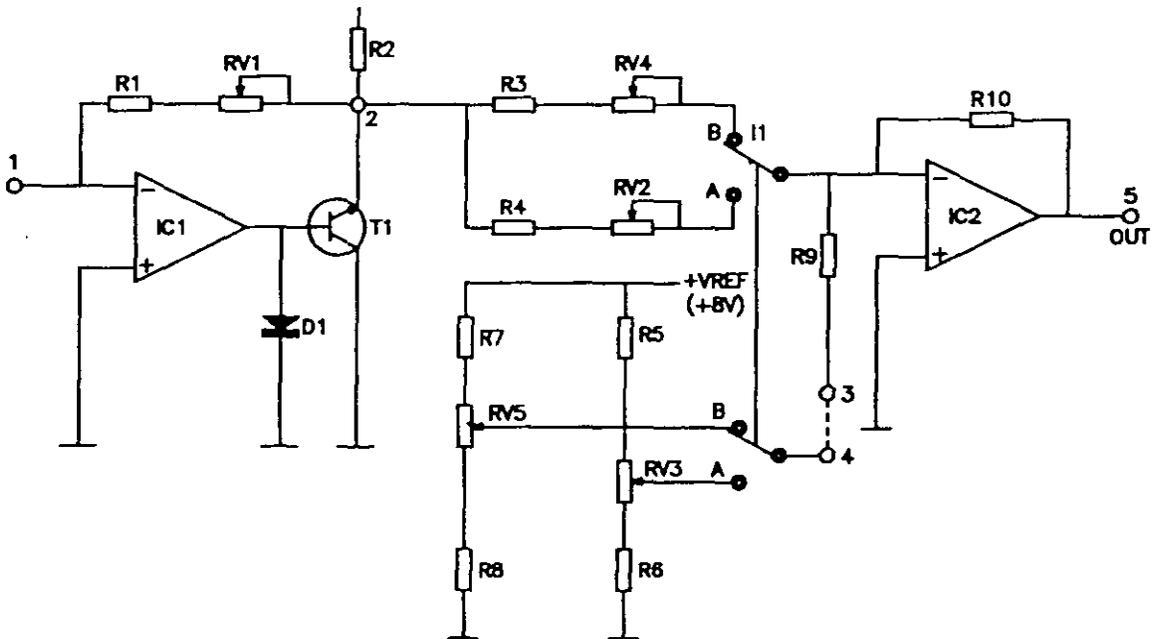


Figura 10

La corriente de entrada (borne 1) cuyo valor está comprendido entre 4 y 20 mA fluye a través del conjunto  $R_1 + R_{V1}$ , generando en el borne 2 un voltaje proporcional a la corriente [ $V_2 = -I_{in} (R_1 + R_{V1})$ ].

El amplificador operacional  $I_{C2}$  se encarga de amplificar y desplazar la señal de voltaje del borne 2; de este modo y con el conmutador  $I_1$  en la posición *A*, se obtiene en la salida un rango de voltaje de -8V a +8V ó de 0 a 8V en la posición *B*. En cualquiera de estos dos casos se tiene que hacer una conexión del borne 3 al 4.

El transistor  $T_1$  funciona a modo de amplificador de corriente, mientras que el diodo  $D_1$  actúa como protección. La resistencia que el convertidor de corriente-voltaje presenta en entrada es igual a cero, ya que la entrada inversora del amplificador operacional  $I_{C1}$  está conectada a tierra (virtual).

Como se indicó anteriormente el rango de voltajes de salida se selecciona con el conmutador  $I_1$ , que además de poder fijar el voltaje de referencia, también fija la amplificación específica para establecer el rango deseado de voltajes de salida.

## OBJETIVOS

- Calibrar el convertidor V/I para rangos de entrada de 0 V a 8 V y de -8 V a 8 V, ambas con salidas de 4 a 20 mA.
- Calibrar el convertidor I/V de manera que a un rango de corriente de entrada de 4 a 20 mA le correspondan rangos de salida de 0 a 8 V y de -8 V a +8 V.
- Simular la transmisión de una señal a través de los convertidores V/I e I/V.

## EQUIPO Y MATERIAL

- 2 Multímetros digitales.
  - Fuente de alimentación estabilizada PS1.
  - Fuente bipolar HP.
  - Módulo G32.
  - 1 resistencia de 1 K.
  - 1 resistencia de 100 ohms.
  - 1 resistencia de 200 ohms.
  - Cables de conexión.
-

EXPERIMENTOS

**EXPERIMENTO 1: CALIBRACION Y DETERMINACION DEL RANGO DE OPERACION DEL CONVERTIDOR V/I DE 0 A 8 V / DE 4 A 20 mA**

- Conectar los bornes  $\pm 12$  V y 0 V del panel a una fuente de alimentación estabilizada.
- Ubicar el interruptor  $I_1$  en posición B.
- Conectar el miliamperímetro a la salida entre el borne 5 y tierra.
- Conectar la fuente de alimentación entre los bornes 1 y tierra, para obtener un voltaje variable entre 0 y +8 V proveniente de la fuente de alimentación.
- Fijar en 0 V el voltaje de entrada y regular el potenciómetro  $R_{V4}$  hasta obtener 4 mA en la salida.
- Aumentar a +8.0 V el voltaje de entrada y regular el potenciómetro  $R_{V5}$  hasta obtener 20 mA en la salida.
- Con la entrada en +8.0 V, conectar una resistencia de 100 ohms en serie con el miliamperímetro y regular el potenciómetro  $R_{V3}$  para obtener 20 mA en la salida.
- Verificar que a un voltaje de entrada de 0 V le corresponda una salida de 4 mA.
- Variar el voltaje de entrada, a partir de 0 V hasta +8 V, con saltos de 1 V y, en correspondencia con cada uno de ellos, medir la corriente de salida con el miliamperímetro.
- Registrar los datos obtenidos en la Tabla 1(a).

N	$V_{IN}$ 0 a 8 [volt]	$I_{OUT}$ [mA]
1	0	
2	1	
3	2	
4	3	
5	4	
6	5	
7	6	
8	7	
9	8	

(a)

N	$V_{IN}$ -8 a 8 [volt]	$I_{OUT}$ [mA]
1	-8	
2	-6	
3	-4	
4	-2	
5	0	
6	2	
7	4	
8	6	
9	8	

(b)

Tabla 1

---

**EXPERIMENTO 2: CALIBRACION Y DETERMINACION DEL RANGO DE OPERACION DEL  
CONVERTIDOR V/I DE -8 V A +8 V / DE 4 A 20 mA**

- Conectar los bornes  $\pm 12$  V y 0 V del panel a una fuente de alimentación estabilizada.
- Fijar el interruptor  $I_1$  en la posición *A*.
- Conectar el miliampermetro a la salida entre el borne 5 y tierra.
- Aplicar a la entrada, entre los bornes 1 y tierra, un voltaje variable entre -8 y +8 V proveniente de una fuente de alimentación.
- Llevar a -8V el voltaje de entrada y regular el trimer  $R_{V1}$  hasta obtener 4 mA de salida.
- Llevar a +8,0 V el voltaje de entrada y regular el trimer  $R_{V2}$  hasta obtener 20 mA de salida.
- Llevar a -8,0 V el voltaje de entrada y verificar que la salida sea de 4 mA.
- Estando la entrada en +8,0 V conectar una resistencia de 100 ohms en serie con el miliampermetro y regular el trimer  $R_{V3}$  para obtener 20 mA en la salida.
- Incrementar el voltaje de entrada, a partir de -8 V, con saltos de 2 V y, en correspondencia con cada uno de ellos, medir la corriente de salida con el miliampermetro.
- Agrupar los datos obtenidos en la Tabla 1(b).

**EXPERIMENTO 3: CALIBRACION Y DETERMINACION DEL RANGO DE OPERACION DEL  
CONVERTIDOR I/V DE 4 A 20 mA / 0 A 8 V**

- Conectar los bornes  $\pm 12$  V y 0 V del panel a una fuente de alimentación estabilizada.
- Ubicar el interruptor  $I_1$  en la posición *B*.
- Desconectar el cable de conexión de los bornes 3 y 4.
- Conectar el voltmetro a la salida entre el borne 5 y tierra.
- Para aplicar en la entrada, entre los bornes 1 y tierra, un voltaje variable entre 4 V y +20 V conecte en serie una resistencia de 1 K y un miliampermetro, como se muestra en la Figura 11.
- Varíe el voltaje de entrada hasta que en el miliampermetro se lea la corriente máxima que es de 20 mA, regular el trimer  $R_{V1}$  hasta obtener +8 V entre el borne 2 y tierra. Posteriormente regule el trimer  $R_{V4}$  para que a la salida, entre los bornes 5 y tierra se tengan 10 V.
- Conecte el cable de conexión entre los bornes 3 y 4 y con el trimer  $R_{V3}$  compare la diferencia de voltajes hasta obtener 8 V entre los bornes 5 y tierra.

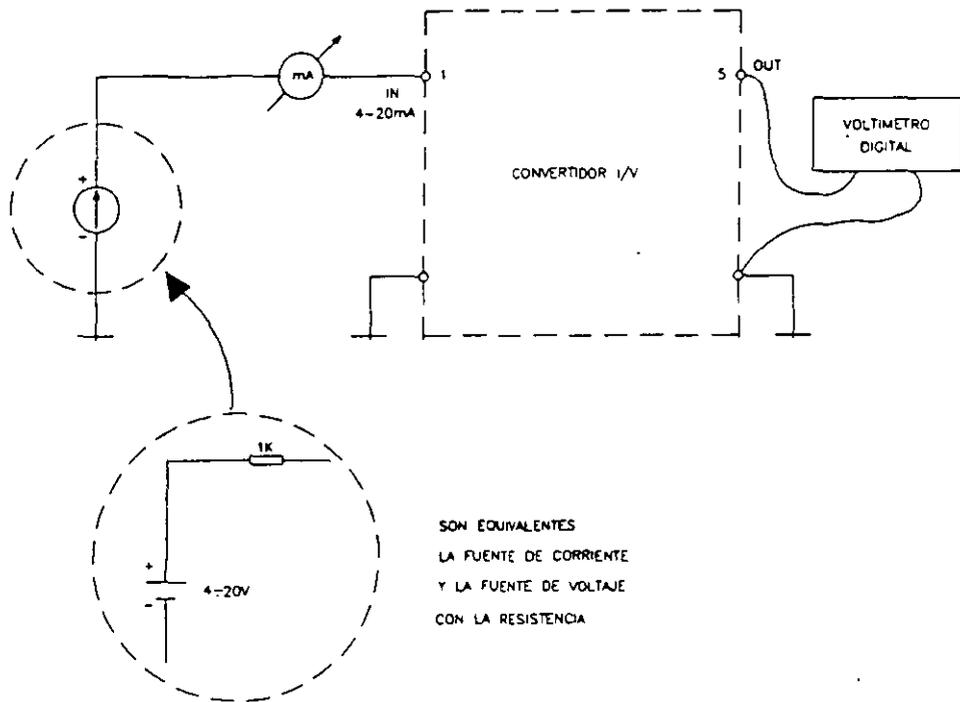


Figura 11

- Varíe el voltaje de entrada hasta que en el miliampérmetro se lea la corriente mínima, que es de 4 mA y verifique que a la salida, entre los bornes 5 y tierra se tengan aproximadamente 0 V.
- Incremente la corriente de entrada, (ajustando el voltaje de la fuente), a partir de 4 mA con saltos de 2 mA y en correspondencia con cada uno de ellos, leer en el vóltmetro digital el voltaje de salida. Registre los datos obtenidos en la Tabla 2(a).

N	$I_{IN}$ [mA]	$V_{OUT}$ [volt]
1	4	
2	6	
3	8	
4	10	
5	12	
6	14	
7	16	
8	18	
9	20	

(a)

N	$I_{IN}$ [mA]	$V_{OUT}$ [volt]
1	4	
2	6	
3	8	
4	10	
5	12	
6	14	
7	16	
8	18	
9	20	

(b)

Tabla 2

**EXPERIMENTO 4: CALIBRACION Y DETERMINACION DEL RANGO DE OPERACION DEL  
CONVERTIDOR I/V 4 A 20 mA / DE -8 V A +8 V**

- Conectar los bornes  $\pm 12$  V y 0 V del panel a una fuente de alimentación estabilizada.
- Ubicar el interruptor  $I_1$  en la posición *A*.
- Para aplicar en la entrada, entre los bornes 1 y tierra, un voltaje variable entre 4 V y +20 V conecte en serie una resistencia de 1 K y un miliamperímetro, como se muestra en la Figura 11.
- Desconecte el cable de conexión de los bornes 3 y 4.
- Varíe el voltaje de entrada hasta que se lean 4 mA en el miliamperímetro. Verifique que entre el borne 5 y tierra se encuentre un voltaje de 4 V.
- Conecte el cable de conexión entre los bornes 3 y 4 y regule el trimmer  $R_{V2}$  hasta obtener -8 V a la salida entre los bornes 5 y tierra.
- Aumente el voltaje de la fuente hasta leer 20 mA en el miliamperímetro. Posteriormente ajuste con  $R_{V3}$  hasta tener 8 V a la salida entre los bornes 5 y tierra.
- Varíe el voltaje de entrada hasta leer 4 mA en el miliamperímetro y verifique que se tengan aproximadamente -8 V en la salida.
- Incremente la corriente de entrada, (ajustando el voltaje de la fuente), a partir de 4 mA con saltos de 2 mA y en correspondencia con cada uno de ellos, lea en el voltímetro digital el voltaje de salida. Registre los datos obtenidos en la tabla 2(b).

**EXPERIMENTO 5: TRANSMISION DE UNA SEÑAL ELECTRICA A LARGA DISTANCIA.**

- Conectar los bornes  $\pm 12$  V y 0 V del panel a una fuente de alimentación estabilizada.
- Ubicar el interruptor  $I_1$  en la posición *B*.
- Teniendo calibrados los convertidores de V/I y de I/V de acuerdo a los experimentos anteriores, conecte el borne 5 del convertidor V/I al borne 1 del convertidor I/V y respectivamente la tierra del V/I con la tierra del I/V.
- Después conecte un voltímetro digital a la salida "OUT" del convertidor I/V.
- Verifique que a una entrada de 0.0 V se tengan aproximadamente 0.0 V y que a una entrada de +8.0 V se tengan aproximadamente +8.0 V.
- Posteriormente conecte entre los bornes 5 del convertidos V/I y 1 del convertidor I/V un cable de cobre muy largo, el cual representa una línea de transmisión. Verifique que los voltajes a la entrada y a la salida sean los mismos.

## Práctica 12

---

- Aplique tres valores de voltaje en el rango de 0 a 8 V al CVI y verifique si se recuperan los mismos valores en la salida del CIV.
- Mida la resistencia que presenta el cable de cobre y sustitúyalo ahora por una resistencia de 200 ohms. Observe qué ocurre al aplicar a la entrada los valores mínimo y máximo de voltaje que se aplicaron en los pasos anteriores.

### ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

1. Investigue qué es un transmisor con salida eléctrica y con salida neumática.
2. ¿Cuáles son los rangos estandarizados de las salidas eléctricas y neumáticas?
3. Presente un ejemplo o aplicación de un transmisor con salida eléctrica.
4. ¿Cuál es la ventaja principal que presenta el transmisor?
5. ¿Qué semejanza o relación hay entre el convertidor V/I, el convertidor I/V y el transmisor eléctrico?
6. Trazar las curvas de respuesta que establecen la relación entre el voltaje de entrada y la corriente de salida del CVI para los diferentes rangos de entrada.
7. Trazar las curvas de respuesta que establecen la relación entre la corriente de entrada y el voltaje de salida del CIV para los diferentes rangos de salida.
8. Cuando se utilizó el cable de cobre como línea de transmisión, ¿Se recuperó la señal de entrada?
9. Cuando se sustituyó el cable de cobre por la resistencia ¿Se recuperó la señal de entrada, porque?
10. ¿Como se podría determinar la distancia máxima a la cual responden los convertidores sin perturbar la señal?

# APENDICE A

## UNIDADES DE PRESION

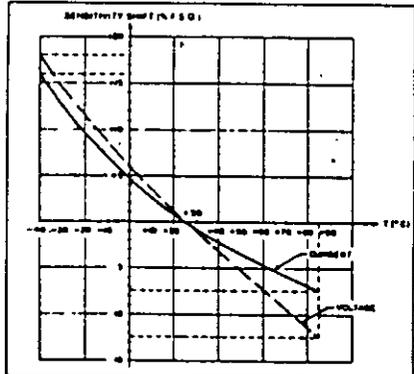
	Psi	in H <sub>2</sub> O	in Hg	Atmósfera	kg/cm <sup>2</sup>	cm H <sub>2</sub> O	mm Hg	Bar	Pa
Psi	1	27.68	2.036	0.0680	0.0703	70.31	51.72	0.0689	7142
in H <sub>2</sub> O	0.0361	1	0.0735	0.0024	0.0025	2.540	1.868	0.0024	256.4
in Hg	0.4912	13.6	1	0.0334	0.0345	34.53	25.4	0.0333	3448
Atmósfera	14.7	406.79	29.92	1	1.033	1033	760	1.0131	1.01x10 <sup>5</sup>
kg/cm <sup>2</sup>	14.22	393.7	28.96	0.9678	1	1000	735.6	0.98	98100
cm H <sub>2</sub> O	0.0142	0.3937	0.0289	0.00096	0.0010	1	0.7355	0.0009	100
mm Hg	0.0193	0.5353	0.0393	0.0013	0.0013	0.0013	1	0.00133	133
Bar	14.5	408	29.99	0.987	1.02	1024	750	1	10 <sup>5</sup>
Pa	0.00014	0.0039	0.00029	0.987x10 <sup>-5</sup>	0.102x10 <sup>-4</sup>	0.01	0.0075	10 <sup>-5</sup>	1

## ESPECIFICACIONES DEL TRANSDUCTOR DE PRESION

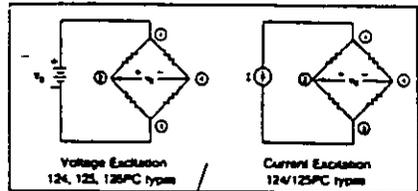
120PC SPECIFICATIONS at 10.0 ± 0.01 VDC Excitation, 25°C (unless otherwise noted)  
ALL TYPES, ALL RANGES

PARAMETER	120 PC TYPE	Min.	Typ.	Max.	UNITS
Null Offset	124	0	-40	-80	mV
	125/6 G/D	-1	0	+1	
	125/6A	-2	0	+2	
Response Time	All			1	msec
Recommended Excitation					
Voltage	124/5	10	12		VDC
Current	124/5	2	2.4		mA
Voltage	126	10	16		VDC
Temperature Error, 0-50°C					
Null Shift	All		±2		mV
Sensitivity Shift	124/5	at 10VDC	±6.0		% S.O.
		at 2mA	±3.0		% S.O.
		at 10VDC	±1.5		% S.O.
Repeatability & Hysteresis	All		±1		% S.O.
Stability over 3 years	All		±1.5		% S.O.
Bridge Resistance	124/5		5K		Ohms
Input Resistance	126		8K		
Shock	Qualification tested to 150g				
Vibration	Qualification tested to 0 to 2 kHz at 20g sine				
Operating Temperature	-55°C to +125°C (-65°F to +257°F)				
Media Compatibility	Contact MICRAO SWITCH				
Weight	12 grams nominal				
Termination	0.025" nominal printed circuit board terminals				

NOMINAL SENSITIVITY SHIFT CHARACTERISTICS WITH VOLTAGE AND CURRENT EXCITATION (124/125PC)



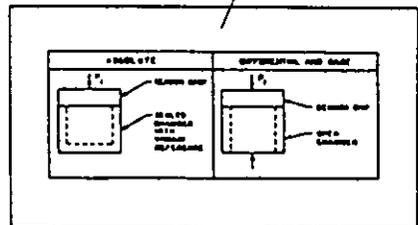
### ELECTRICAL CONNECTIONS



### ABSOLUTE, DIFFERENTIAL, GAGE TYPES

Pressure may be applied to both sides of the sensing chip. P1 is the termination side, and only relatively clean gases such as air are recommended as measurands on this side. Fewer restrictions apply to the P2 side, except that media incompatible with RTV, silicon, or polyester should not be used.

In absolute devices, P2 is sealed, with a vacuum representing a fixed reference. The difference in pressure between the vacuum reference and the measurand applied at P1 causes the diaphragm to deflect, producing the output voltage change. Differential and gage devices measure one pressure with respect to another. In differential devices, measurands are applied to both ports. In gage devices, P1 is vented to atmospheric pressure, and the measurand is applied to P2.



120PC SPECIFICATIONS at 10.0 ±0.01 VDC Excitation, 25°C (unless otherwise noted)

GAGE AND DIFFERENTIAL TYPES

11 I

PARAMETER	120PC TYPE*	PRESSURE RANGES											UNITS	
		0-5 psi			0-15 psi			0-15 psi, L Type						
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Used over 0-15 psi			Used over 0-30 psi			
								Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.		Max.
F.S.O. (Full Scale Output)**	124	80	115	150	175	250	325	58	99	140	110	195	280	mV
	125	68.5	70	71.5	148	150	152	58.5	60	61.5	113	118	123	
	126	48.5	50	51.5	98.5	100	101.5	38.5	40	41.5	75	79	83	
Sensitivity per psi	124		23			16.67			6.60			6.50		mV
	125		14			10			4.00			3.93		
	126		10			6.67			2.67			2.63		
Overpressure	All			20			45			80			80	psi
Linearity (Best Fit Straight Line)	All		±1.5			±1.0			±0.25			±0.5		%F.S.O.
Greatest pressure at port P2	All		±0.75			±0.5			±0.15			±0.3		

120PC ORDER GUIDE GAGE AND DIFFERENTIAL

Type	Pressure Range and Catalog Listings		
	Higher Sensitivity		Better Linearity*
	0-5 psi	0-15 psi	0-15 psi (L)*
Differential	Basic	124PC05D1	124PC15D1 124PC15D1L
	Trimmed	125PC05D1	125PC15D1 125PC15D1L
	Temp. Comp.	126PC05D1	126PC15D1 126PC15D1L
Gage	Basic	124PC05G1	124PC15G1 124PC15G1L
	Trimmed	125PC05G1	125PC15G1 125PC15G1L
	Temp. Comp.	126PC05G1	126PC15G1 126PC15G1L

\*124PC — basic transducer  
 \*125PC — laser trimmed resistors provide close tolerances on null and F.S.O.  
 \*126PC — laser trimmed resistors and a thick film thermistor provide low sensitivity shift with temperature.  
 \*\*F.S.O. is the algebraic difference between end points (output at minimum and maximum pressure)

Catalog listings are given with terminal style 1. To order style 2 (or 3), substitute the number 2 (or 3) for the 1 at the end of the listing. Example: 124PC15G1 becomes 124PC15G2 with style 2 terminals.

\*For 30 psi applications, order this listing

II

120PC SPECIFICATIONS at 10.0 ±0.01 VDC Excitation, 25°C (unless otherwise noted)

ABSOLUTE TYPES

PARAMETER	120PC TYPE*	PRESSURE RANGES									UNITS
		0-15psi			0-15 psi, L type						
		Min.	Typ.	Max.	Used over 0-15 psi			Used over 0-30 psi.			
					Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
F.S.O.(Full Scale Output)**	124	-175	-250	-325	-68	-99	-140	-110	-195	-280	mV
	125	-147	-150	-153	-57.5	-60	-62.5	-112	-118	-124	
	126	-97.5	-100	-102.5	-37.5	-40	-42.5	-74	-79	-84	
Sensitivity per psi	124		-16.67			-6.60			-6.50		mV
	125		-10.0			-4.00			-3.93		
	126		-6.67			-2.67			-2.63		
Overpressure	All			45			60			80	psi
Linearity (Best Fit Straight Line)	All		±1.0			±0.25			±0.5		%F.S.O.

120PC ORDER GUIDE, ABSOLUTE TYPES

Type	Pressure Range & Catalog Listings	
	Higher Sensitivity	Better Linearity
	0-15 psi	0-15 psi (L)*
Absolute	Basic	124PC15A1 124PC15A1L
	Trimmed	125PC15A1 125PC15A1L
	Temp. Comp.	126PC15A1 126PC15A1L

\*124PC — basic transducer  
 \*125PC — laser trimmed resistors provide close tolerances on null and F.S.O.  
 \*126PC — laser trimmed resistors and a thick film thermistor provide low sensitivity shift with temperature.  
 \*\*F.S.O. is the algebraic difference between end points (output at minimum and maximum pressure)

Catalog listings are given with terminal style 1. To order style 2 (or 3), substitute the number 2 (or 3) for the 1 at the end of the listing. Example: 124PC15A1 becomes 124PC15A2 with style 2 terminals.

## APENDICE B

En el amplificador inversor que se muestra en la Figura A1, el punto de suma se mantiene a una tierra virtual. Como no pasa corriente a la terminal de entrada inversora del amplificador, la corriente de entrada,  $i = \frac{e_1}{R}$ , es obligada a entrar al capacitor de retroalimentación C, logrando con ello que aparezca un voltaje de carga en este elemento. Debido a que un extremo del capacitor está unido al punto virtual de tierra, el voltaje de salida del amplificador es igual al voltaje de carga del capacitor.

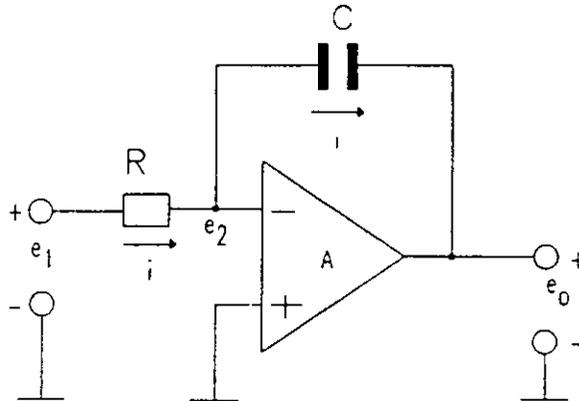


FIGURA A1

Las siguientes ecuaciones muestran en que forma el voltaje de salida es función del voltaje de entrada en el amplificador.

Se tiene que:

$$e_0 = A (V_p - V_n).$$

donde

$V_p =$  Voltaje en la entrada no inversora

$V_n =$  Voltaje en la entrada inversora

además

$$V_p = 0$$

$$V_n = e_2$$

por lo que

$$e_0 = A (0 - e_2)$$

$$e_0 = -A e_2$$

o bien

$$e_2 = -\frac{e_0}{A} \quad (1)$$

se tiene también que

$$\begin{aligned} i &= \frac{e_2 - e_0}{X_c} \\ i &= \frac{e_2 - e_0}{\frac{1}{SC}} \\ i &= SC (e_2 - e_0) \end{aligned}$$

despejando y pasando al dominio del tiempo

$$e_2 - e_0 = \frac{1}{C} \int i \, dt \quad (2)$$

de la Figura se puede ver que la corriente también puede ser representada por

$$i = \frac{e_1 - e_2}{R}$$

sustituyendo en la ecuación (2)

$$e_2 - e_0 = \frac{1}{RC} \int (e_1 - e_2) \, dt$$

de la ecuación (1)

$$\text{si } A \rightarrow \infty \text{ entonces } e_2 \rightarrow 0$$

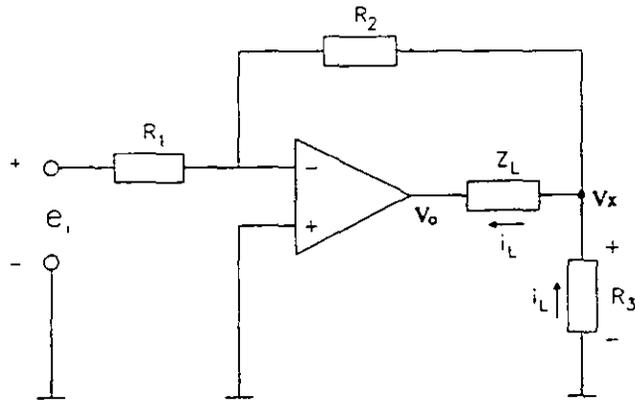
y por lo tanto

$$e_0 = -\frac{1}{RC} \int e_1 \, dt$$

## APENDICE C

### CONVERTIDORES DE VOLTAJE A CORRIENTE

#### COVERTIDOR / AMPLIFICADOR DE CORRIENTE



Se definen las corrientes principales

$$I_1 = \frac{e_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_x}{R_2}$$

$$I_L = \frac{V_x - V_o}{Z_L}$$

Aplicando LCK en la entrada negativa del amplificador

$$\sum I = 0$$

$$I_1 + I_2 = 0$$

$$\frac{e_1}{R_1} + \frac{V_x}{R_2} = 0$$

Despejando  $V_x$

$$V_x = -\frac{R_2}{R_1} e_1$$

Aplicando LCK en el nodo  $V_x$

$$I_{L1} = I_L + I_2$$

$$-\frac{V_x}{R_3} = I_L + \frac{V_x}{R_2}$$

o bien,

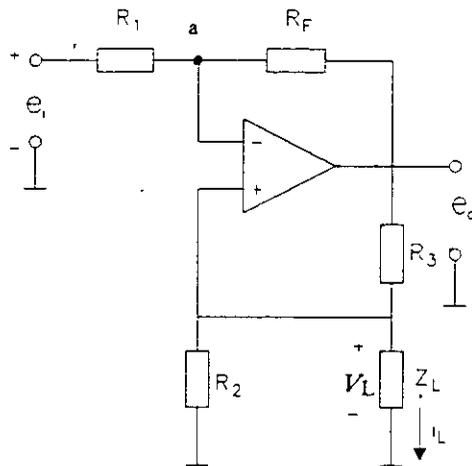
$$I_L = -\left(\frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3}\right) V_x$$

Sustituyendo el valor de  $V_x$

$$I_L = \left(\frac{R_2 + R_3}{R_3}\right) \frac{e_1}{R_1}$$

$$I_L = \frac{e_1}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)$$

## CONVERTIDOR V/I CON CARGA CONECTADA A TIERRA



Definiendo las corrientes principales y considerando que

$$V_L^- = V_L^+ = V_L$$

$$I_F = \frac{e_o - V_L}{R_F}$$

$$I_L = \frac{V_L}{Z_L}$$

$$I_1 = \frac{e_1 - V_L}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_L}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{e_o - V_L}{R_3}$$

Aplicando LCK en el nodo  $a$

$$\sum I_a = 0$$

$$I_F + I_1 = 0$$

$$\frac{e_0 - V_L}{R_F} + \frac{e_1 - V_L}{R_1} = 0$$

Reacomodando términos y despejando  $e_0$

$$e_0 = -\frac{R_F}{R_1}(e_1 - V_L) + V_L$$

Aplicando LCK en el nodo  $b$

$$\sum I_b = 0$$

$$I_3 = I_2 + I_L$$

$$\frac{e_0 - V_L}{R_3} = \frac{V_L}{R_2} + I_L$$

Reacomodando términos y despejando  $e_0$

$$e_0 = \frac{R_3}{R_2} V_L + R_3 I_L + V_L$$

$$e_0 = \left( \frac{R_3}{R_2} + 1 \right) V_L + R_3 I_L$$

Sustituyendo la expresión de  $e_0$ :

$$-\frac{R_F}{R_1}(e_1 - V_L) + V_L = \left( \frac{R_3}{R_2} + 1 \right) V_L + R_3 I_L$$

$$-\frac{R_F}{R_1} e_1 = -\frac{R_F}{R_1} V_L - V_L + \left( \frac{R_3}{R_2} + 1 \right) V_L + R_3 I_L$$

$$R_3 I_L + V_L \left( \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_F}{R_1} \right) = -\frac{R_F}{R_1} e_1$$

Reacomodando términos y tomando en cuenta que  $V_L = Z_L I_L$ , se despeja  $i_L$

$$I_L \left( R_3 + Z_L \left[ \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_F}{R_1} \right] \right) = -\frac{R_F}{R_1} e_1$$

$$I_L = \frac{-\frac{R_F}{R_1} e_1}{R_3 + Z_L \left( \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_F}{R_1} \right)}$$

Si se cumple la igualdad:

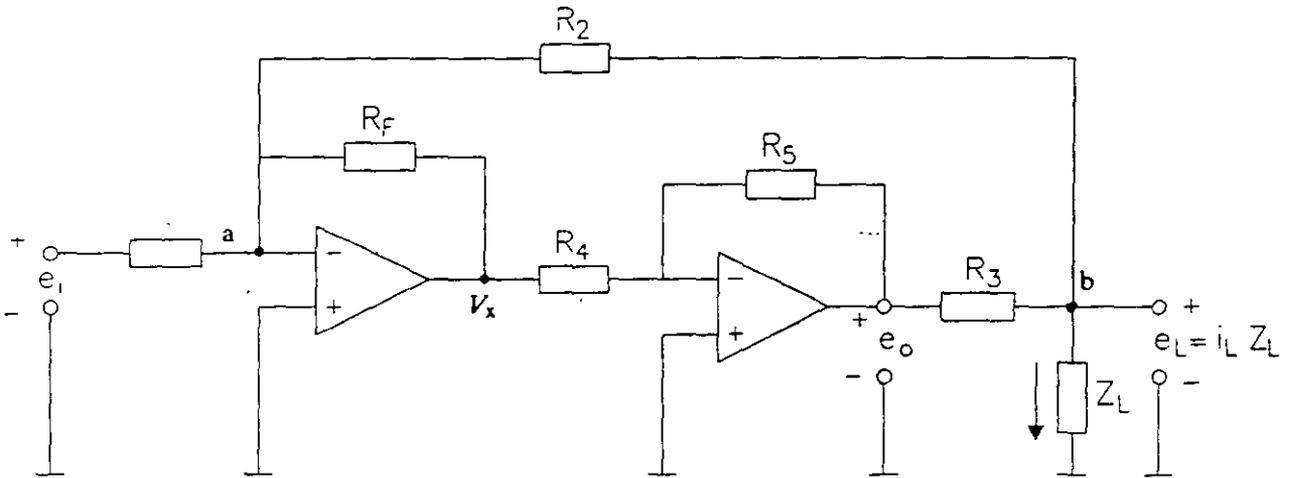
$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_F}{R_1}$$

$$I_L = \frac{-\frac{R_3}{R_2} e_1}{R_3}$$

o bien

$$I_L = -\frac{e_1}{R_2} = -\frac{e_1}{Z_L}$$

CONVERTIDOR V/I DE DOS AMPLIFICADORES CON CARGA CONECTADA A TIERRA



Se definen las corrientes principales:

$$I_1 = \frac{e_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{e_L}{R_2}$$

$$I_F = \frac{V_x}{R_F}$$

$$I_3 = \frac{(e_o - e_L)}{R_3}$$

Aplicando LCK en el nodo *a*

$$\sum I_a = 0$$

$$I_1 + I_F + I_2 = 0$$

$$\frac{e_1}{R_1} + \frac{V_x}{R_F} + \frac{e_L}{R_2} = 0$$

$$V_x = -\frac{R_F}{R_1} e_1 - \frac{R_F}{R_2} e_L$$

Por otro lado,

$$e_o = -\frac{R_5}{R_4} V_x$$

$$e_o = -\frac{R_5}{R_4} \left( -\frac{R_F}{R_1} e_1 - \frac{R_F}{R_2} e_L \right)$$

Aplicando LCK en el nodo  $b$

$$\sum I_b = 0$$

$$I_3 = I_L + I_2$$

$$\frac{e_o - e_L}{R_3} = I_L + \frac{e_L}{R_2}$$

Sustituyendo el valor de  $e_o$

$$\frac{\frac{R_5 R_F}{R_4 R_1} e_1 + \frac{R_F R_5}{R_4 R_2} e_L - e_L}{R_3} = I_L + \frac{e_L}{R_2}$$

Reacomodando términos y considerando que

$$e_L = Z_L I_L$$

$$\frac{R_5 R_F}{R_1 R_3 R_4} e_1 = I_L + \left[ \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{R_F R_5}{R_2 R_3 R_4} \right] I_L Z_L$$

Despejando  $I_L$

$$I_L \left[ 1 + Z_L \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{R_F R_5}{R_2 R_3 R_4} \right) \right] = \frac{R_5 R_F}{R_1 R_3 R_4} e_1$$

$$I_L = \frac{e_1 \frac{R_5 R_F}{R_1 R_3 R_4}}{R_3 + Z_L \left[ \frac{R_3}{R_2} + 1 - \frac{R_F R_5}{R_2 R_4} \right]}$$

Haciendo:

$$1 + \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5 R_F}{R_2 R_4}$$

$$I_L = e_1 \frac{\frac{R_5 R_F}{R_1 R_4}}{R_3}$$

o bien

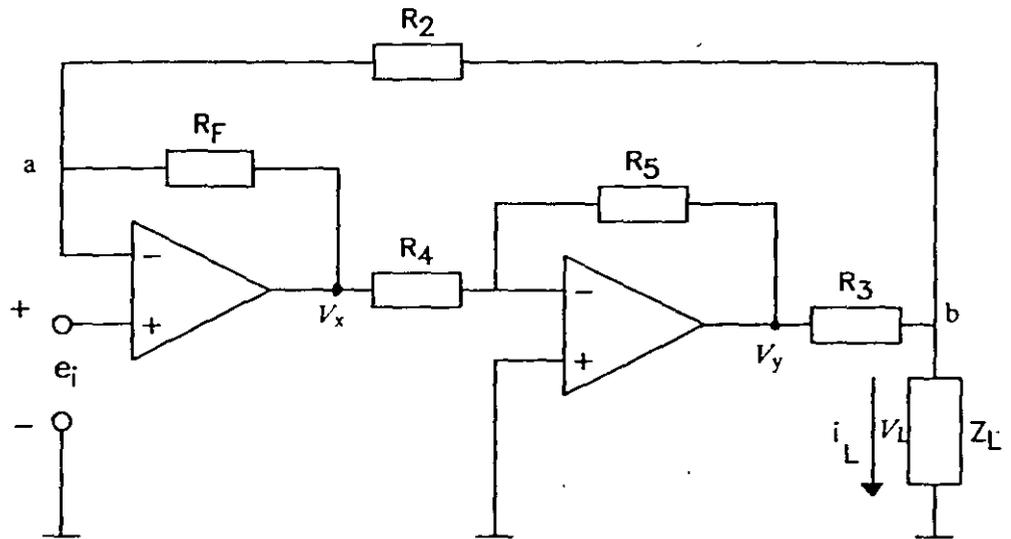
$$I_L = e_1 \left( \frac{R_5 R_F}{R_1 R_3 R_4} \right)$$

Finalmente, haciendo iguales los valores de resistencias

$$R_1 = R_4 = R_5 = R_F$$

$$I_L = \frac{e_1}{R_3}$$

## CONVERTIDOR V/I CON ENTRADA NO INVERSORA



Se definen las corrientes principales:

$$I_2 = \frac{V_L - e_1}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_y - V_L}{R_3}$$

$$I_F = \frac{V_x - e_1}{R_F}$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

Aplicando LCK en el nodo *a*

$$\sum I_a = 0$$

$$I_F + I_2 + = 0$$

$$\frac{V_x - e_1}{R_F} + \frac{V_L - e_1}{R_2} = 0$$

Reacomodando términos y despejando  $V_x$

$$\frac{V_x}{R_F} = \frac{e_1}{R_F} + \frac{e_1}{R_2} - \frac{V_L}{R_2}$$

$$V_x = \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) e_1 - \frac{R_F}{R_2} V_L$$

Por otro lado,

$$V_y = -\frac{R_5}{R_4} V_x$$

Sustituyendo el valor de  $V_x$

$$V_y = -\frac{R_5}{R_4} \left[ \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) e_1 - \frac{R_F}{R_2} V_L \right]$$

Aplicando LCK al nodo  $b$

$$\sum I_b = 0$$

$$I_3 = I_L + I_2$$

$$\frac{V_y - V_L}{R_3} = I_L + \frac{V_L - e_1}{R_2}$$

Sustituyendo el valor de  $V_y$

$$\frac{-\frac{R_5}{R_4} \left[ \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) e_1 - \frac{R_F}{R_2} V_L \right] - V_L}{R_3} = I_L + \frac{V_L - e_1}{R_2}$$

Reacomodando términos en  $V_L$  y  $e_1$

$$I_L + V_L \left[ \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} - \frac{R_5 R_F}{R_4 R_2} \right] = \left[ \frac{-\frac{R_5}{R_4} \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right)}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right] e_1$$

Tomando en cuenta que  $V_L = Z_L I_L$

$$I_L \left[ 1 + \frac{Z_L}{R_2} + \frac{Z_L}{R_3} - \frac{R_L R_5 R_F}{R_4 R_2} \right] = \left[ \frac{-\frac{R_5}{R_4} \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right)}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right] e_1$$

Despejando  $I_L$

$$I_L = \frac{\left[ \frac{R_5}{R_4} \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) + \frac{1}{R_2} \right] e_1}{1 + Z_L \left[ \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} - \frac{R_4 R_2}{R_5 R_F} \right]}$$

Multiplicando por  $R_3$ :

$$I_L = \frac{\left[ -\frac{R_5}{R_4} \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) + \frac{R_3}{R_2} \right] e_1}{R_3 + Z_L \left[ 1 + \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_5 R_F}{R_4 R_2} \right]}$$

o bien

$$I_L = \frac{-e_1 \left[ \frac{R_5}{R_4} \left( 1 + \frac{R_F}{R_2} \right) - \frac{R_3}{R_2} \right]}{R_3 + Z_L \left[ 1 + \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_5 R_F}{R_4 R_2} \right]}$$

Iguando los valores del término del denominador:

$$1 + \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5 R_F}{R_4 R_2}$$

Haciendo las siguientes asignaciones

$$R_F = R_4 = R_5$$

y

$$R_2 = R_F - R_3$$

Entonces

$$I_L = -2 \frac{e_1}{R_3}$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSOS  
CA 141**

# **INSTRUMENTACION DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACION)**

**TEMA**

Módulos realizables por el PLM

**M. en I. RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
PALACIO DE MINERIIA  
FEBRERO DE 2003**

## **CAPÍTULO 3**

### **MÓDULOS REALIZABLES POR EL PLM**

En este capítulo se describe la sintaxis requerida para declarar cada uno de los módulos que puede realizar el PLM, esto en un programa fuente en SILL1.

#### **MÓDULOS LÓGICOS (ML)**

##### **DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE SEGUIMIENTO LÓGICO**

Este ML simplemente pone en la VB declarada como salida el nivel lógico que exista en la VB declarada como entrada al mismo, en la figura 3.4 se ilustra en forma genérica este ML, debiendo el mismo ser declarado en el subprograma principal, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

SEG#N XEIEJE,XSISJS;

Donde:

N denota el número de seguidor, esto definido por el usuario.

XE podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada al seguidor sea una VBE, VBS o VBI.

IE denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada al seguidor.

JE denota el número de bit dentro del grupo Ie, asociado a la variable de entrada al seguidor.

XS podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de salida al seguidor sea una VBS o VBI.

IS denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del seguidor.

JS denota el número de bit dentro del grupo IS, asociado a la variable de salida del seguidor.

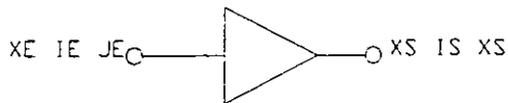


Figura 3.4 Representación genérica del seguidor lógico realizado por el PLM

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo seguidor lógico, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.1

Se desea realizar con el PLM un seguidor lógico al que se le asigne el número 4, requiriéndose que la entrada y salida al mismo sean respectivamente las VB E03 e I24; la declaración sintáctica sería:

SEG#4 E03, I24

### DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE INVERSIÓN LÓGICA

Este ML simplemente pone en la VB declarada como salida el nivel lógico opuesto al que exista en la VB declarada como entrada al mismo, en la figura 3.5 se ilustra en forma genérica este ML, debiendo el mismo ser declarado en el subprograma principal, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

NOT#N XEIEJE,XSISJS

Donde:

N denota el número de inversor, esto definido por el usuario.

XE podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada al inversor sea una VBE, VBS o VBI.

IE denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada al inversor.

JE denota el número de bit dentro del grupo IE, asociado a la variable de entrada al inversor.

XS podrá ser la letra "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de salida al inversor sea una VBS o VBI.

IS denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del inversor.

JS denota el número de bit dentro del grupo IS, asociado a la variable de salida del inversor.

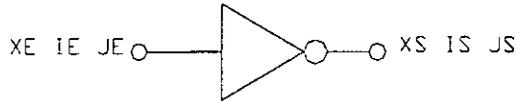


Figura 3.5 Representación genérica del inversor lógico realizado por el PLM

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo de inversión lógica, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.2

Se desea realizar con el PLM un inversor lógico, al que se le asigne el número 7, requiriéndose que la entrada y la salida al mismo sean respectivamente las VB E12 e I67, la declaración sintáctica sería:

NOT#7 E12, I67

### DESCRIPCIÓN DE LOS ML QUE REALIZAN COMPUERTAS DE DOS ENTRADAS

El PLM puede realizar seis tipos de compuertas lógicas de dos entradas y estas son de tipo: AND, OR, NAND, NOR, OR EXCLUSIVA y OR EXCLUSIVA NEGADA, teniéndose además la capacidad de preinversión en las entradas que el usuario desee. En la Figura 3.6 se ilustra en forma genérica este ML, debiendo el mismo ser declarado en el subprograma temporizado, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

COMP#N X0I0J0, X1I1J1, XSISJS, AB

Donde:

COMP es una cadena que puede ser AND2, OR2, NAND2, NOR2, EOR2 o EORN2, esto de acuerdo al tipo de compuerta que se desee realizar.

N denota el número de compuerta, esto definido por el usuario, para cada uno de los seis tipos de compuertas posibles se ha de llevar una numeración independiente.

X0 podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E0 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I0 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E0 a la compuerta.

J0 denota el número de bit dentro del grupo I0, asociado a la variable de entrada E0.

X1 podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E1 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I1 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E1 a la compuerta.

J1 denota el número de bit dentro del grupo I1, asociado a la variable de entrada E1.

XS podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de salida “S” de la compuerta sea una VBS o VBI.

IS denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida de la compuerta.

JS denota el número de bit dentro del grupo IS, asociado a la variable de salida de la compuerta.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E1” tenga preinversión, en otro caso el dígito “A” deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E0” tenga preinversión, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

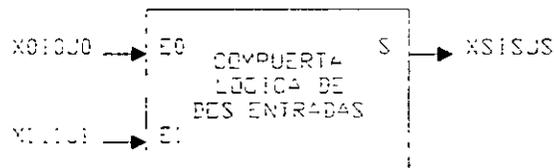


Figura 3.6 Representación genérica de una compuerta de dos entradas realizada por el PLM

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo que realiza una compuerta de dos entradas, en un programa fuente en SILLI.

### Ejemplo 3.3

Se desea realizar con el PLM una compuerta AND de dos entradas, para la cual se desea que las entradas E0 y E1 y la salida S sean respectivamente las VB E01, I24, y S13, requiriéndose que la entrada E0 tenga preinversión y que el número de asignación sea 4, véase la figura 3.7; en este caso, se deberá usar la siguiente sintaxis:

AND2#4 E01, I24, S13, 10;

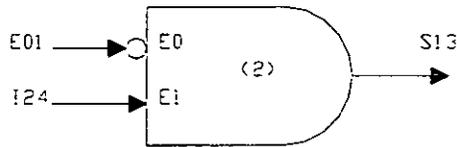


Figura 3.7.- Ejemplo de compuerta AND de dos entradas con preinversión en la entrada E1, la declaración sintáctica correspondiente es: AND2#4 E01, I24, S13, 10

### DESCRIPCIÓN DE LOS ML QUE REALIZAN COMPUERTAS DE TRES ENTRADAS

El PLM puede realizar seis tipos de compuertas lógicas de tres entradas y estas son de tipo: AND, OR, NAND, NOR, OR EXCLUSIVA y OR EXCLUSIVA NEGADA, teniéndose además la capacidad de preinversión en las entradas que el usuario desee. En la figura 3.9 se ilustra en forma genérica este ML, debiendo el mismo ser declarado en el subprograma principal, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

COMP#N X0I0J0, X1I1J1, X2I2J2, XSIJS, ABC

Donde:

COMP es una cadena que puede ser AND3, OR3, NAND3, NOR3, EOR3 o EORN3, esto de acuerdo al tipo de compuerta que se desee realizar.

N denota el número de compuerta, esto definido por el usuario, para cada uno de los seis tipos de compuertas posibles se ha de llevar una numeración independiente.

X0 podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E0 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I0 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E0 a la compuerta.

J0 denota el número de bit dentro del grupo I0, asociado a la variable de entrada E0.

X1 podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E1 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I1 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E1 a la compuerta.

J1 denota el número de bit dentro del grupo I1, asociado a la variable de entrada E1.

X2 podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E2 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I2 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E2 a la compuerta.

J2 denota el número de bit dentro del grupo I2, asociado a la variable de entrada E2.

XS podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de salida “S” de la compuerta sea una VBS o VBI.

IS denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida de la compuerta.

JS denota el número de bit dentro del grupo IS, asociado a la variable de salida de la compuerta.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E2” tenga preinversión, en otro caso el dígito “A” deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E1” tenga preinversión, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E0” tenga preinversión, en otro caso el dígito “C” deberá ser uno.

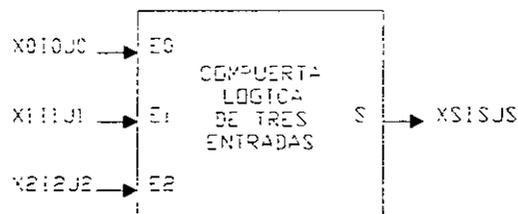


Figura 3.9 Representación genérica de una compuerta de tres entradas realizada por el PLM

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar una compuerta de tres entradas, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.4

Supóngase que se necesita realizar con el PLM una compuerta NOR de tres entradas, para la cual se desea que las entradas E0, E1 y E2 y la salida S sean respectivamente las VB E14, I03, E17 y S17, requiriéndose que la entrada E1 tenga

preinversión y que el número de asignación sea 7, véase la figura 3.10; en este caso, se deberá usar la siguiente sintaxis:

NOR3#7 E14, I03, E17, S17, 101;

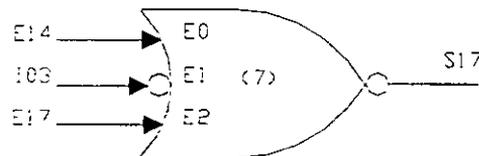


Figura 3.10.- Ejemplo de compuerta NOR de tres entradas con preinversión en la entrada E1, la declaración sintáctica correspondiente es: NOR3#7 E14, I03, E17, S17, 101

**DESCRIPCIÓN DE LOS ML QUE REALIZAN COMPUERTAS DE CUATRO ENTRADAS**

El PLM puede realizar seis tipos de compuertas lógicas de cuatro entradas y estas son de tipo: AND, OR, NAND, NOR, OR EXCLUSIVA y OR EXCLUSIVA NEGADA; teniendo además la capacidad de preinversión en las entradas que el usuario desee. En la figura 3.12 se ilustra en forma genérica este ML, debiendo el mismo ser declarado en el subprograma principal, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

COMP#N X0I0J0, X1I1J1, X2I2J2, X3I3J3, XSISJS, ABCD

Donde:

COMP es una cadena que puede ser AND4, OR4, NAND4, NOR4, EOR4 o EORN4, esto de acuerdo al tipo de compuerta que se desee realizar.

N denota el número de compuerta, esto definido por el usuario, para cada uno de los seis tipos de compuertas posibles se ha de llevar una numeración independiente.

X0 podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E0 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I0 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E0 a la compuerta.

J0 denota el número de bit dentro del grupo I0, asociado a la variable de entrada E0.

X1 podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E1 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I1 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E1 a la compuerta.

J1 denota el número de bit dentro del grupo I1, asociado a la variable de entrada E1.

X2 podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E2 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I2 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E2 a la compuerta.

J2 denota el número de bit dentro del grupo I2, asociado a la variable de entrada E2.

X3 podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada E3 a la compuerta sea una VBE, VBS o VBI.

I3 denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada E3 a la compuerta.

J3 denota el número de bit dentro del grupo I3, asociado a la variable de entrada E3.

XS podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de salida “S” de la compuerta sea una VBS o VBI.

IS denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida de la compuerta.

JS denota el número de bit dentro del grupo IS, asociado a la variable de salida de la compuerta.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E3” tenga preinversión, en otro caso el dígito “A” deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E2” tenga preinversión, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E1” tenga preinversión, en otro caso el dígito “C” deberá ser uno.

D es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la entrada “E0” tenga preinversión, en otro caso el dígito “D” deberá ser uno.

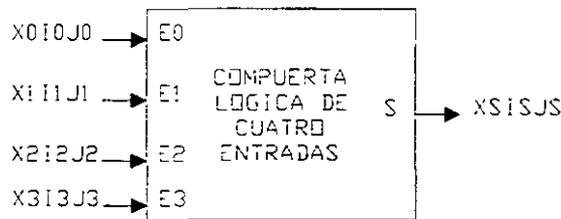


Figura 3.12 Representación genérica de una compuerta de cuatro entradas realizada por el PLM

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo que realice una compuerta de cuatro entradas, en un programa fuente en SILL1.

### Ejemplo 3.5

Supóngase que se necesita realizar con el PLM una compuerta NAND de cuatro entradas, para la cual se desea que las entradas E0, E1, E2 y E3 y la salida S sean respectivamente las VB E12, E14, I16, E06 y S03, requiriéndose que las entradas E1 y E0 tengan preinversión y que el número de asignación sea 8, véase la figura 3.13; en este caso, se deberá usar la siguiente sintaxis:

NAND4#8 E12, E14, I16, E06, S03, 1100;

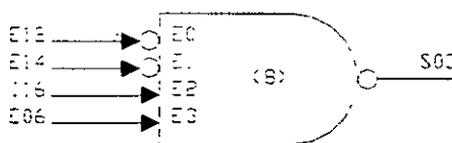


Figura 3.13.- Ejemplo de compuerta NAND de cuatro entradas con preinversión en las entradas E0 y E1, la declaración sintáctica correspondiente es:  
NAND4#8 E12, E14, I16, E06, S03, 1100

### DESCRIPCIÓN DE LOS ML QUE REALIZAN FLIP-FLOPS R-S ASÍNCRONOS

El PLM puede realizar módulos tipo *latch*, que en la nomenclatura del mismo se denominan como Flip-Flops asíncronos R-S (FFARS), teniéndose para este ML, la capacidad de predefinir el nivel de verificación de las entradas “S” y “R”, además de poder predefinir también el nivel que ha de tener la salida cuando ambas entradas se verifican y el valor que se desea que tome la misma al iniciar el programa en SILL1 que ejecuta el PLM

en un momento dado; en la figura 3.15 se ilustra en forma genérica este ML, debiendo el mismo ser declarado en el subprograma principal, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

FFARS#N X SISJS, XRIR1JR, XQIQJQ, ABCD;

Donde:

N denota el número de Flip-Flop, esto definido por el usuario.

XS podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada EST (S) al Flip-Flop sea una VBE, VBS o VBI.

IS denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “S” al Flip-Flop.

JS denota el número de bit dentro del grupo IS, asociado a la variable de entrada “S”.

XR podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada RESET (R) al Flip-Flop sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “R” al Flip-Flop.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada “R”.

XQ podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de salida “Q” del Flip-Flop sea una VBS o VBI.

IQ denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del Flip-Flop.

JQ denota el número de bit dentro del grupo IQ, asociado a la variable de salida del Flip-Flop.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la entrada “S” sea bajo, en otro caso el dígito “A” deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la entrada “R” sea bajo, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser uno si se desea que la VB de entrada SET tenga prioridad, en otro caso (prioridad para la VB de entrada RESET), “C” deberá ser cero. El hecho de que la entrada SET tenga prioridad implica que si ambas entradas SET y RESET se verifican simultáneamente la salida Q será uno lógico, por otro lado, prioridad para la

entrada RESET significa que al verificarse ambas entradas del Flip-Flop la salida Q será puesta en cero lógico.

D es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que la salida Q se inicialice en cero lógico, en otro caso el dígito "D" deberá ser uno.

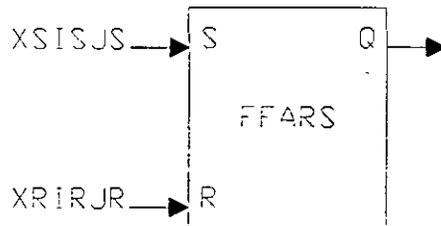


Figura 3.15 Representación genérica del ML que realiza un Flip-Flop asíncrono R-S.

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo que realice un módulo de tipo latch, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.6

Supóngase que se necesita realizar con el PLM un módulo tipo latch, para el cual se desea que la entrada S tenga prioridad, deseándose que las entradas S, R y la salida Q sean respectivamente las VB E13, E14 y S06, requiriéndose que ambas entradas S y R tengan verificación en bajo y que el estado inicial de la salida Q sea uno, deseándose además que a este latch se le asigne el número 22, véase la figura 3.16; en este caso, se deberá usar la siguiente sintaxis:

```
FFARS#22 E13, E14, S06, 0011;
```

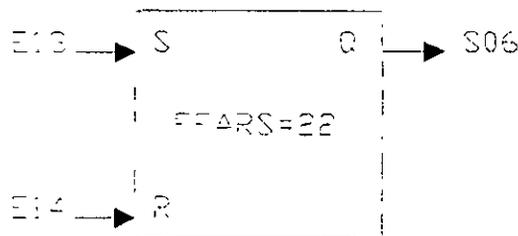


Figura 3.16.- Ejemplo de módulo tipo latch (FFARS) realizado con el PLM, se desea que la entrada S tenga prioridad, requiriéndose que el nivel de verificación de las dos entradas sea bajo y que el estado inicial de la salida sea uno lógico, la declaración sintáctica correspondiente es: FFARS#22 E13, E14, S06, 0011

## DESCRIPCIÓN DEL ML QUE REALIZA UN CONTADOR DE EVENTOS

El PLM puede realizar módulos contadores de eventos ascendentes o descendentes, siendo los valores de la cuenta comprendidos en un determinado intervalo, pudiendo el usuario definir tanto la cuenta inicial (CUENTAI) como la final (CUENTAF), este ML tiene tres entradas y una salida, véase la figura 3.19, las entradas son: entrada “D” sensible a flancos que hacen que se modifique la cuenta, entrada de restablecimiento (RESET) que al verificarse hace que la cuenta retorne a su valor inicial desverificándose la salida (TF), y entrada de congelamiento que al verificarse hace que el contador conserve la cuenta sin responder a los niveles lógicos presentes en las otras dos entradas; la salida de este módulo (TF) se verifica cuando la cuenta ha llegado a su valor final.

Para este ML se tiene la capacidad de predefinir los límites del intervalo de cuenta, el tipo de flanco que incrementa o decrementa la cuenta, el nivel de verificación de las entradas de RESET y congelamiento, el nivel de verificación de la salida testigo de cuenta final y el tipo de cuenta (ascendente o descendente) a efectuar.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, siendo la sintaxis para declararlo la siguiente:

```
CONTA#N XDIDJD, XCICJC, XRIRJR, XFIFJF, CUENTAI, CUENTAF, ABCDE;
```

Donde:

N denota el número de contador de eventos, esto definido por el usuario.

XD podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada D al contador sea una VBE, VBS o VBI.

ID denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “D” al contador.

JD denota el número de bit dentro del grupo ID, asociado a la variable de entrada “D”.

XC podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de congelamiento (C) al contador sea una VBE, VBS o VBI.

IC denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “C” al contador.

JC denota el número de bit dentro del grupo IC, asociado a la variable de entrada “C”.

XR podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada RESET (R) al contador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada "R" al contador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada "R".

XF podrá ser la letra "s" o "i" mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida "TF" del contador sea una VBS o VBI.

IF denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del contador.

JF denota el número de bit dentro del grupo IF, asociado a la variable de salida del contador.

CUENTAI denota al valor de la cuenta inicial, debiendo el mismo estar comprendido entre cero y 65535, debiendo este valor ser menor que el correspondiente a la cuenta final si el contador es ascendente, en otro caso el valor declarado para la cuenta inicial deberá ser mayor que la cuenta final.

CUENTAF denota el valor de la cuenta final, debiendo el mismo estar comprendido entre cero y 65535.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que se modifique la cuenta para flancos de bajada en la entrada de disparo "D", en otro caso el dígito "A" deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la entrada "C" sea bajo, en otro caso el dígito "B" deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser uno si se desea que el nivel de verificación de la entrada "R" sea bajo, en otro caso, "C" deberá ser cero.

D es un dígito binario, que habrá de ser uno, si se desea que la cuenta sea ascendente, en otro caso el dígito "D" deberá ser cero.

E es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la salida "TF" sea bajo, en otro caso el dígito "E" deberá ser uno.

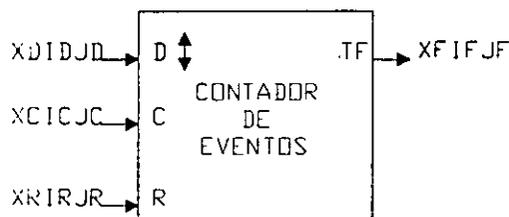


Figura 3.19 Representación genérica de un módulo contador de eventos realizable en el PLM

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo que realice un módulo de tipo contador de eventos, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.7

Supóngase que se necesita realizar con el PLM un módulo contador de eventos ascendente, con intervalo de cuenta comprendido entre cero y siete y testificación de fin de cuenta en nivel bajo, se requiere que los niveles de verificación de las entradas "R" y "C" sean en alto y que la entrada de disparo "D" sea sensible a flancos de bajada, se desea que las entradas D, C, R y la salida TF sean respectivamente las VB E17, I14, E12 y S01, deseándose además que a este contador se le asigne el número 14, véase la figura 3.20; en este caso, se deberá usar la siguiente sintaxis:

```
CONTA#14 E17, I14, E12, S01,0, 7, 01010;
```

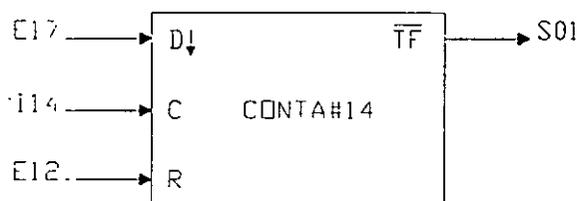


Figura 3.20.- Ejemplo de módulo contador de eventos ascendente realizado con el PLM, descrito en el ejemplo 3.4.

En la figura 3.21 se ilustran diagramas de tiempo asociados con el contador de eventos aquí ejemplificado. Cabe señalar aquí, que para la correcta operación del contador de eventos, se requiere que el intervalo de tiempo entre dos flancos consecutivos sea mayor de 10 ms.

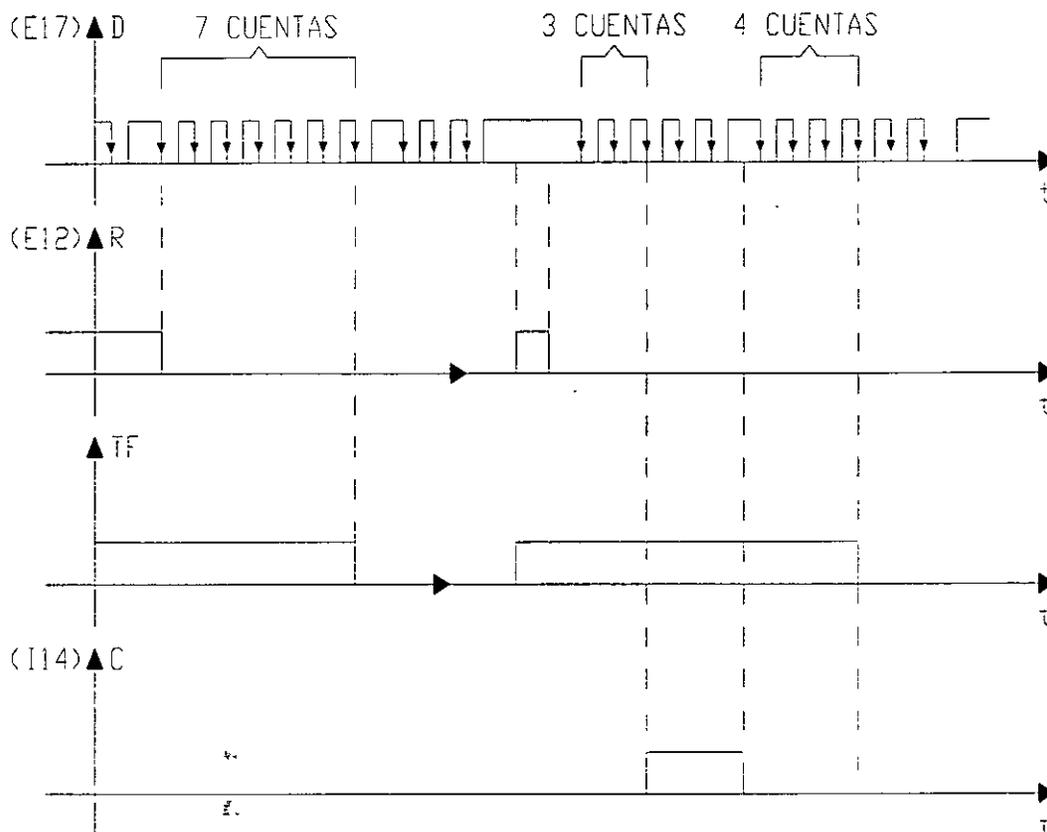


Figura 3.21.- Diagramas de tiempo asociados con el temporizador mostrado en la figura 3.20

### DESCRIPCIÓN DEL ML SECUENCIADOR DE ESTADOS DE NBXNE

El PLM puede realizar módulos secuenciadores de estados, el número de bits de la palabra de estado puede ir de uno a ocho, tanto el número de estados como los diferentes valores que presenten los mismos son programables por el usuario, la sucesión de estados deseada debe ser declarada por el usuario, en renglones del programa fuente subsecuentes al que contiene la declaración sintáctica correspondiente; de esta manera, la declaración de un secuenciador de estados ocupara mas de un renglón en el programa fuente en SIIL1; las declaraciones de los valores deseados para los estados pueden hacerse en formato binario o hexadecimal. El software de traducción limita a 1000 el número de estados asociados con un secuenciador, esto aún cuando en la mayoría de las aplicaciones prácticas este tope sería sensiblemente menor.

Un secuenciador presentará tres entradas y NB+1 salidas, donde NB es el número de bits en la palabra de estado; la primera entrada es sensible a flancos y se denomina como

“D”, al detectarse un flanco en ella se coloca en las salidas asociadas el siguiente estado de la lista que el usuario haya declarado, si el estado colocado es el último de la lista se verifica una salida denominada como “TF” (testigo de fin de carrera); la segunda entrada, se denomina “C” (entrada de congelamiento) y al verificarse, hace que el secuenciador permanezca en el estado presente sin responder a las otras dos entradas; la tercera entrada se denomina “R” (RESET) y al verificarse, hace que el secuenciador presente el estado inicial y desverifique la salida “TF”, la primera vez que se ejecuta el código se invoca el accionamiento de RESET; en la figura 3.23 se muestra la representación genérica de un módulo secuenciador de estados.

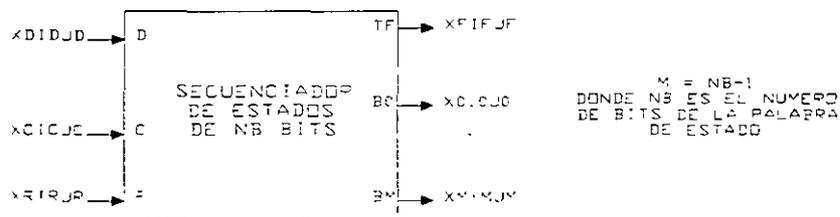


Figura 3.23.- Representación genérica de un módulo secuenciador de estados de NB bits realizable en el PLM

Para este ML se tiene la capacidad de predefinir el número de bits de la palabra de estado, el número de estados que se han de secuenciar, el tipo de flanco que hace que se presente el siguiente estado, el nivel de verificación de las entradas de RESET y congelamiento, el nivel de verificación de la salida testigo de colocación de estado final; una vez que se coloca el estado final el secuenciador no responde a los flancos, para reiniciar el ciclo hay que verificar la entrada de RESET.

La declaración de un modulo secuenciador ocupará varios renglones en el programa fuente en SIIL1, en el primero de ellos se especificarán los siguientes parámetros: número de bits de la palabra de estado, número de secuenciador, VB seleccionada como entrada de disparo, VB seleccionada como entrada de congelamiento, VB seleccionada como entrada de RESET, VB seleccionada como salida testigo de fin de carrera, las VB seleccionadas como salidas para que las mismas presenten los valores booleanos que correspondan a la palabra de estado, el número de estados que manejará el secuenciador, el tipo de flanco al que responderá la entrada de disparo, el nivel de verificación de la entrada de

congelamiento, el nivel de verificación de la entrada de RESET y el nivel de verificación de la salida testigo de fin de carrera.

En los renglones subsecuentes al primero, se deben definir cada uno de los valores sucesivos deseados para la palabra de estado, pudiéndose hacer esto ya sea en formato hexadecimal o binario, el usuario podrá declarar uno o más valores de estados en cada renglón, cada renglón de especificación de valores de estados deberá tener un caracter “#” en la primera columna, para especificar el último renglón de datos el mismo habrá de iniciarse con dos caracteres “##” seguidos, colocándose el primero de ellos en la primera columna.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, la sintaxis genérica para declararlo es:

```
SECNB#N XDIDJD, XCICJC, XRIRJR, XFIFJF, EVBPE, NE, ABCD;  
# [EF1][ESTADO1], [EF2][ESTADO2], [EF3][ESTADO3], ....[EFq][ESTADOq];  
# [EFp][ESTADOp], .....[EFr][ESTADOr];  
  
## [EFu][ESTADOu],.....[EFne][ESTADOne];
```

A continuación se explica el significado de las literales que aparecen en el primer renglón de la declaración genérica de un módulo secuenciador.

NB denota el número de bits de la palabra de estado, debiendo el mismo estar comprendido entre uno y ocho, esto definido por el usuario.

N denota el número de secuenciador, esto definido por el usuario.

XD podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada D al secuenciador sea una VBE, VBS o VBI.

ID denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “D” al secuenciador.

JD denota el número de bit dentro del grupo ID, asociado a la variable de entrada “D”.

XC podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de congelamiento (C) al secuenciador sea una VBE, VBS o VBI.

IC denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada "C" al secuenciador.

JC denota el número de bit dentro del grupo IC, asociado a la variable de entrada "C".

XR podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada RESET (R) al secuenciador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada "R" al secuenciador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada "R".

XF podrá ser la letra "s" o "i" mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida "TF" del secuenciador sea una VBS o VBI.

IF denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del secuenciador.

JF denota el número de bit dentro del grupo IF, asociado a la variable de salida del secuenciador.

EVBPE es un vector de NB elementos separados por comas, que especifica que variables booleanas se desea que sean cada uno de los bits de la palabra de estado, por lo tanto, EVBPE presentará la siguiente forma:

$$XPIPJP, \dots, XLILJL, \dots, X0I0J0$$

con  $P=NB-1$  y:

XL ( $L=0, 1, \dots, NB-1$ ), podrá ser la letra "s" o "i" mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que el bit L de la palabra de estado del secuenciador sea una VBS o VBI.

IL ( $L=0, 1, \dots, NB-1$ ), denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como bit L de la palabra de estado del secuenciador.

JL ( $L=0, 1, \dots, NB-1$ ), denota el número de bit dentro del grupo IL, asociado a con el bit L de la palabra de estado.

NE denota el número de estados que se desea presente el secuenciador y el mismo deberá ser mayor o igual que dos.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que se coloque el estado siguiente para flancos de bajada en la entrada de disparo "D", en otro caso el dígito "A" deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la entrada “C” sea bajo, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser uno si se desea que el nivel de verificación de la entrada “R” sea bajo, en otro caso, “C” deberá ser cero.

D es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la salida testigo de fin de carrera (TF) sea bajo, en otro caso el dígito “D” deberá ser uno.

En lo que toca a los renglones donde se declaran los valores que se desea tomen los estados que presentará el secuenciador, a continuación se explica el significado de los términos genéricos que los mismos contienen:

$E_{Fi}$  ( $i=1, 2, \dots, NE$ ), deberá ser la letra “B” si se desea que la especificación del estado “i” sea en formato binario, en caso de que se desee que la misma sea en formato hexadecimal  $E_{Fi}$  deberá ser la letra H; si el usuario escoge el formato binario deberá escribir la palabra de estado correspondiente limitándose al número de bits de la misma, por otro lado si el formato escogido fue el hexadecimal, el usuario deberá escribir un byte, en caso de que la longitud de la palabra de estado sea menor a ocho bits el valor binario de los bits no usados será irrelevante (don't care).

La literal “q”, denota el número correspondiente al último estado declarado en el primer renglón de especificación de valores de estados.

La literal “p”, denota el número correspondiente al primer estado declarado en el segundo renglón de especificación de valores de estados.

La literal “r”, denota el número correspondiente al último estado declarado en el segundo renglón de especificación de valores de estados.

La literal “u”, denota el número correspondiente al primer estado declarado en el último renglón de especificación de valores de estados.

Las literales “ne”, denotan el número correspondiente al último estado de la secuencia deseada.

$ESTADO_i$  ( $i=1, 2, \dots, NE$ ), denota el valor deseado para el estado i de la secuencia que se desea presente el secuenciador.

Nótese que el número de renglones a emplear, para especificar la secuencia de estados deseada, es variable y se deja al usuario libertad para acomodar en el programa

fuerza esta información, ya que se podrá especificar desde un solo estado en cada renglón hasta los que puedan contenerse en el ancho de la pantalla.

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo secuenciador de estados, en un programa fuente en SIIL1.

### **Ejemplo 3.8**

Supóngase que se necesita realizar con el PLM un módulo secuenciador de estados de tres bits por doce estados, al cual se le asignará el número nueve; se desea que las entradas de disparo, congelamiento y RESET sean respectivamente las VB E02, I00, y E00, para la salida testigo de fin de carrera ha de usarse la VB S17, las salidas asociadas con los tres bits de la palabra de estado en orden decreciente de significancia, deberán ser las VB I34, S03 y S01; se requiere que la entrada de disparo responda a flancos de bajada, las entradas de congelamiento y RESET y la salida TF sean verificadas en bajo; la lista de estados a secuenciar se muestra a continuación en formato binario:

Estado 01	000
Estado 02	010
Estado 03	110
Estado 04	111
Estado 05	001
Estado 06	010
Estado 07	111
Estado 08	000
Estado 09	001
Estado 10	010
Estado 11	110
Estado 12	111

Para fines ilustrativos, se usará el formato binario para declarar los primeros cinco estados de la lista, empleándose el formato hexadecimal para los demás, colocándose ceros en las posiciones de bit irrelevantes, una posible forma para declarar este secuenciador es la siguiente:

```
SEC3#9 E02, I00, E00, S17, I34, S03, S01, 12, 0010;  
# B000, B010, B110, B111;  
# B001, H02, H07, H00, H01, H02;  
## H06, H07;
```

En la figura 3.24 se ilustra la representación en forma de bloque para el secuenciador de este ejemplo.

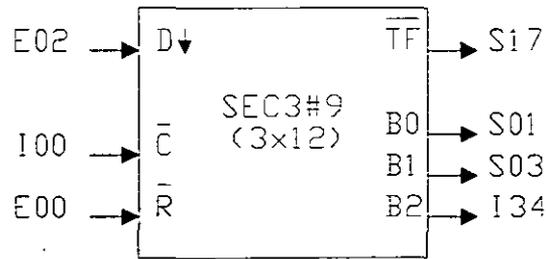
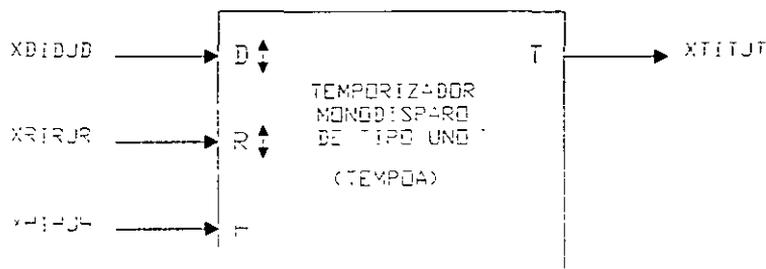


Figura 3.24.- Módulo lógico que realiza el secuenciador de estados de 3x12 del ejemplo 3.8

### DESCRIPCIÓN DEL ML TEMPORIZADOR MONODISPARO (ONE SHOT) DEL PRIMER TIPO

De acuerdo con la señalización de entrada correspondiente, el PLM puede realizar dos tipos de temporizadores de tipo monodisparo, aquí se describe lo concerniente al temporizador mono disparo de tipo uno, mostrándose respectivamente en las figuras 3.27 y 3.28 la representación como bloque de este ML y el diagrama de tiempos asociado con el



mismo.

Figura 3.27 Representación genérica de un temporizador monodisparo de tipo uno.

El intervalo de tiempo correspondiente lo especifica el usuario en la declaración sintáctica correspondiente, pudiendo el mismo estar comprendido entre 10ms y 47 horas con 22 minutos y 36.2 segundos, como se aprecia en la figura 3.28 tanto el disparo como el

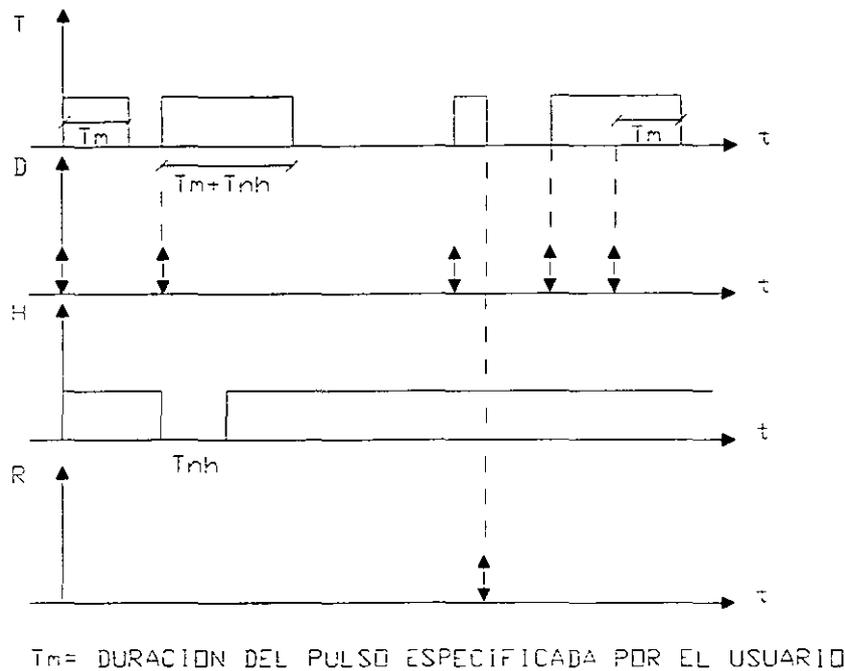


Figura 3.28 Diagrama de tiempos asociado con un temporizador monodisparo de tipo uno.

restablecimiento (RESET), pueden ser por flanco de subida o bajada, teniéndose además otra entrada denominada como H (habilitación). En la figura 3.28 se aprecia que este temporizador tiene capacidad de redisparo.

Mediante la entrada H se habilita el funcionamiento del temporizador, en caso de que la misma se verifique este ML responde a las otras dos entradas normalmente, si H no se verifica no habrá respuesta a las entradas, si tal verificación ocurre durante el intervalo de verificación de la salida se suspende la cuenta de tiempo asociada, permaneciendo verificada la salida.

La entrada R responde a flancos, que al detectarse desverifican la salida y restablecen a cero el contador de tiempo asociado.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, la sintaxis correspondiente es:

```
TEMPOA#N XDIDJD. XRIRJR. XHIHJH, XTITJT, HH:MM:SS.CS,ABCD;
```

Donde:

N denota el número de temporizador, esto definido por el usuario.

XD podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada D al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

ID denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “D” al temporizador.

JD denota el número de bit dentro del grupo ID, asociado a la variable de entrada “D”.

XH podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de congelamiento (H) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IH denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “H” al temporizador.

JH denota el número de bit dentro del grupo IH, asociado a la variable de entrada “H”.

XR podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada RESET (R) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “R” al temporizador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada “R”.

XT podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida “T” del temporizador sea una VBS o VBI.

IT denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del temporizador.

JT denota el número de bit dentro del grupo IT, asociado a la variable de salida del temporizador.

HH denota un par de dígitos que especifican el número de horas en el tiempo  $T_m$ , siendo 47 el valor máximo aceptado.

MM denota un par de dígitos que especifican el número de minutos en  $T_m$ .

SS denota un par de dígitos que especifican los segundos en  $T_m$ .

CS denota un par de dígitos que especifican las centésimas de segundo en  $T_m$ .

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador se dispare para flancos de bajada en la entrada de disparo “D”, en otro caso el dígito “A” deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador se restablezca para flancos de bajada en la entrada de restablecimiento “R”, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser uno si se desea que el nivel de verificación de la entrada "H" sea alto, en otro caso, "C" deberá ser cero.

D es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la salida (T) sea bajo, en otro caso el dígito "D" deberá ser uno.

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo temporizador monodisparo de tipo uno, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.9

Supóngase que se desea realizar con el PLM un temporizador monodisparo de tipo uno, de manera que las entradas de disparo, restablecimiento y habilitación sean respectivamente las entradas físicas E00, E01 y E02, requiriéndose que la salida T sea la VBS S02, es necesario que el pulso de salida sea verificado en bajo y tenga una duración de dos minutos con treinta segundos, tanto el disparo como el restablecimiento deben ser por flanco de bajada y la señal de habilitación (H) debe ser verificada en alto; la declaración sintáctica correspondiente podría ser, suponiendo que se le asigna a este temporizador el número uno:

```
TEMPOA#1 E00, E01, E02, S02, 00:02:30.00, 0010;
```

En la figura 3.29 se muestra una representación como bloque del temporizador de este ejemplo.

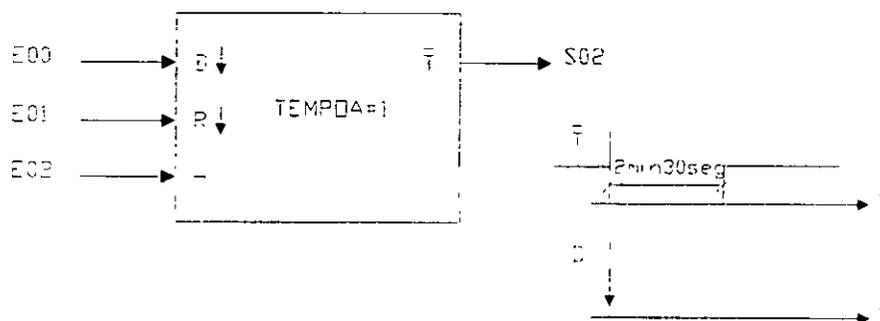


Figura 3.29 Representación como bloque del temporizador monodisparo de tipo uno del ejemplo 3.9

### DESCRIPCIÓN DEL ML TEMPORIZADOR MONODISPARO (ONE SHOT) DEL SEGUNDO TIPO

De acuerdo con la señalización de entrada correspondiente, el PLM puede realizar dos tipos de temporizadores de tipo monodisparo, aquí se describe lo concerniente al temporizador mono disparo de tipo dos, mostrándose respectivamente en las figuras 3.31 y 3.32 la representación como bloque de este ML y el diagrama de tiempos asociado con el mismo.

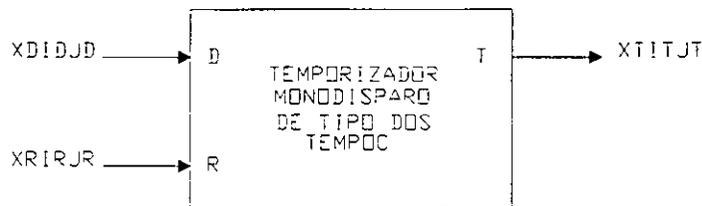


Figura 3.31 Representación genérica de un temporizador monodisparo de tipo dos.

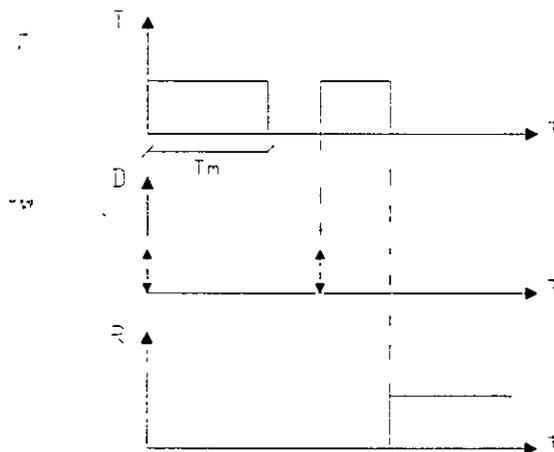


Figura 3.32 Diagrama de tiempos asociado con un temporizador monodisparo de tipo dos, (RESET verificado en alto).

El intervalo de tiempo correspondiente lo especifica el usuario en la declaración sintáctica correspondiente, pudiendo el mismo estar comprendido entre 10ms y 47 horas con 22 minutos y 36.2 segundos, como se aprecia en la figura 3.32 el disparo puede ser por flanco de subida o bajada, teniéndose además otra entrada denominada "R" ( RESET), que al verificarse coloca a este módulo en su condición de espera de disparo, con su salida no verificada. Al igual que el temporizador monodisparo de tipo uno, este temporizador tiene capacidad de redisparo.

La entrada R responde al nivel, y al verificarse se desverifica la salida y se restablece a cero el contador de tiempo asociado.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, la sintaxis correspondiente es:

TEMPOC#N XDIDJD, XRIRJR, XTITJT, HH:MM:SS.CS,ABC;

Donde:

N denota el número de temporizador, esto definido por el usuario.

XD podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada D al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

ID denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “D” al temporizador.

JD denota el número de bit dentro del grupo ID, asociado a la variable de entrada “D”.

XR podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de restablecimiento (R) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “R” al temporizador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada “R”.

XT podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida “T” del temporizador sea una VBS o VBI.

IT denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del temporizador.

JT denota el número de bit dentro del grupo IT, asociado a la variable de salida del temporizador.

HH denota un par de dígitos que especifican el número de horas en el tiempo Tm, siendo 47 el valor máximo aceptado.

MM denota un par de dígitos que especifican el número de minutos en Tm.

SS denota un par de dígitos que especifican los segundos en Tm.

CS denota un par de dígitos que especifican las centésimas de segundo en Tm.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador se dispare para flancos de bajada en la entrada de disparo “D”, en otro caso el dígito “A” deberá ser uno.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador sea restablecido por nivel alto, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la salida (T) sea bajo, en otro caso el dígito “C” deberá ser uno.

A continuación se muestra un ejemplo sobre como declarar un módulo temporizador monodisparo de tipo dos, en un programa fuente en SIIL1.

### Ejemplo 3.10

Supóngase que se desea realizar con el PLM un temporizador monodisparo de tipo dos, de manera que las entradas de disparo y restablecimiento sean respectivamente las entradas físicas E00 y E03, requiriéndose que la salida T sea la VBS S03, es necesario que el pulso de salida sea verificado en bajo y tenga una duración de treinta segundos, el disparo debe ser por flanco de bajada y el restablecimiento debe ser por nivel bajo; la declaración sintáctica correspondiente podría ser, suponiendo que se le asigna a este temporizador el número dos:

TEMPOC#2 E00, E03, S03, 00:00:30.00, 010;

En la figura 3.33 se muestra una representación como bloque del temporizador de este ejemplo.

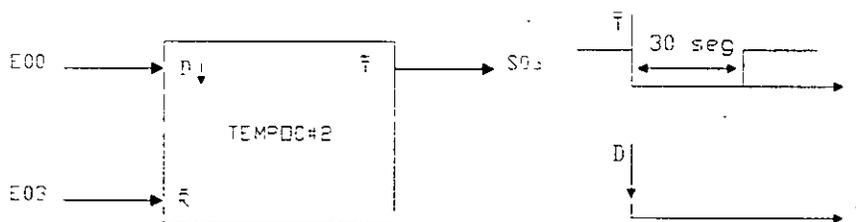


Figura 3.33 Representación como bloque del temporizador monodisparo del ejemplo 3.10

**DESCRIPCIÓN DEL ML QUE REALIZA TEMPORIZADORES CON RETARDO A LA ACTIVACIÓN (ON-DELAY) O CON RETARDO A LA DESACTIVACIÓN (OFF-DELAY)**

El PLM puede realizar temporizadores con retardo a la activación (RA) o a la desactivación (RD), esto se logra a partir de un solo ML. En las figuras 3.35 y 3.36 se muestran respectivamente la representación como bloque de este módulo y los diagramas de tiempo asociados.

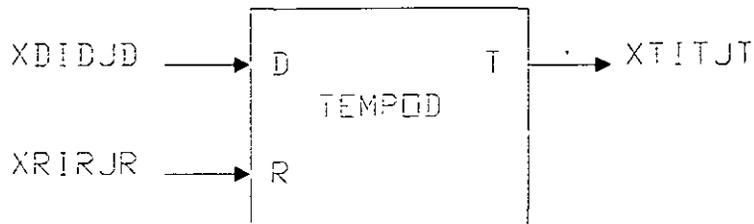


Figura 3.35 Representación genérica de un temporizador que puede operar con retardo a la activación o desactivación.

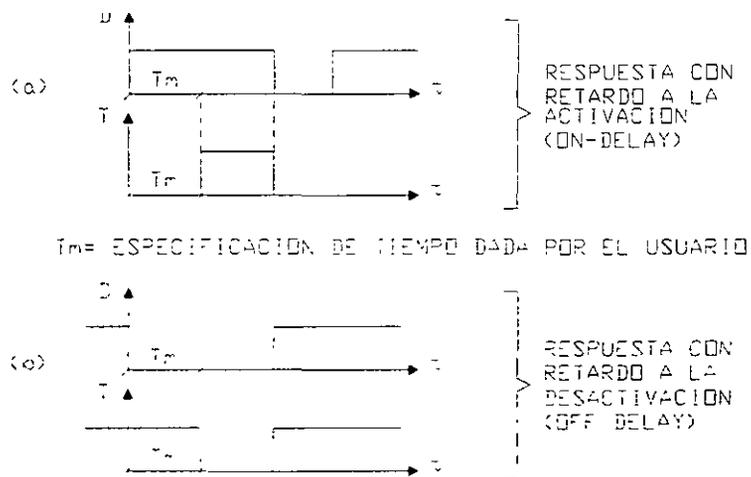


Figura 3.36 Diagrama de tiempos asociado con un temporizador con capacidad de retardo a la activación (a) o a la desactivación (b). Al verificarse la entrada de restablecimiento (R) la salida pasa a su nivel no verificado (cero para on-delay, uno para off-delay) inicializándose el contador descendente asociado.

El intervalo de tiempo correspondiente lo especifica el usuario en la declaración sintáctica correspondiente, pudiendo el mismo estar comprendido entre 10ms y 47 horas con 22 minutos y 36.2 segundos; la entrada R responde al nivel, y al verificarse se desverifica la salida y se inicializa el contador asociado.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, la sintaxis correspondiente es:

TEMPOD#N XDIDJD, XRIRJR, XTITJT, HH:MM:SS.CS,AB;

Donde:

N denota el número de temporizador, esto definido por el usuario.

XD podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula dependiendo esto de que la variable de entrada D al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

ID denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “D” al temporizador.

JD denota el número de bit dentro del grupo ID, asociado a la variable de entrada “D”.

XR podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de restablecimiento (R) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “R” al temporizador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada “R”.

XT podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida “T” del temporizador sea una VBS o VBI.

IT denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del temporizador.

JT denota el número de bit dentro del grupo IT, asociado a la variable de salida del temporizador.

HH denota un par de dígitos que especifican el número de horas en el tiempo  $T_m$ , siendo 47 el valor máximo aceptado.

MM denota un par de dígitos que especifican el número de minutos en  $T_m$ .

SS denota un par de dígitos que especifican los segundos en  $T_m$ :

CS denota un par de dígitos que especifican las centésimas de segundo en  $T_m$ .

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador presente retardo a la desactivación (off-delay), en otro caso ( $A=1$ ), el temporizador presentará retardo a la activación (on-delay).

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador sea restablecido por nivel alto, en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

El siguiente ejemplo ilustra como declarar temporizadores con retardo a la activación y a la desactivación, en un programa fuente en SILL1.

### **Ejemplo 3.11**

Supóngase que se desea realizar con el PLM dos temporizadores, uno con retardo a la activación y el otro con retardo a la desactivación. Para el primero se requiere que el retardo a la activación sea de 7 segundos, siendo necesario que la entrada "R" sea verificada en bajo asignándosele el número 3, las entradas de disparo y restablecimiento han de ser las VB E02 y E03, la salida debe ser la VB S04.

Para el segundo temporizador de este ejemplo, se requiere que presente un retardo a la desactivación de 10 segundos, con restablecimiento en nivel bajo, asignándosele el número 4, las entradas de disparo y restablecimiento han de ser las VB E04 y E05, la salida debe ser la VB S05.

Una declaración para estos temporizadores podría ser la siguiente:

TEMPOD#3 E02, E03, S04, 00:00:07.00, 11;

TEMPOD#4 E04, E05, S05, 00:00:10.00, 01;

En la figura 3.37 se muestran las representaciones como bloques de los temporizadores de este ejemplo y sus diagramas de tiempo asociados.

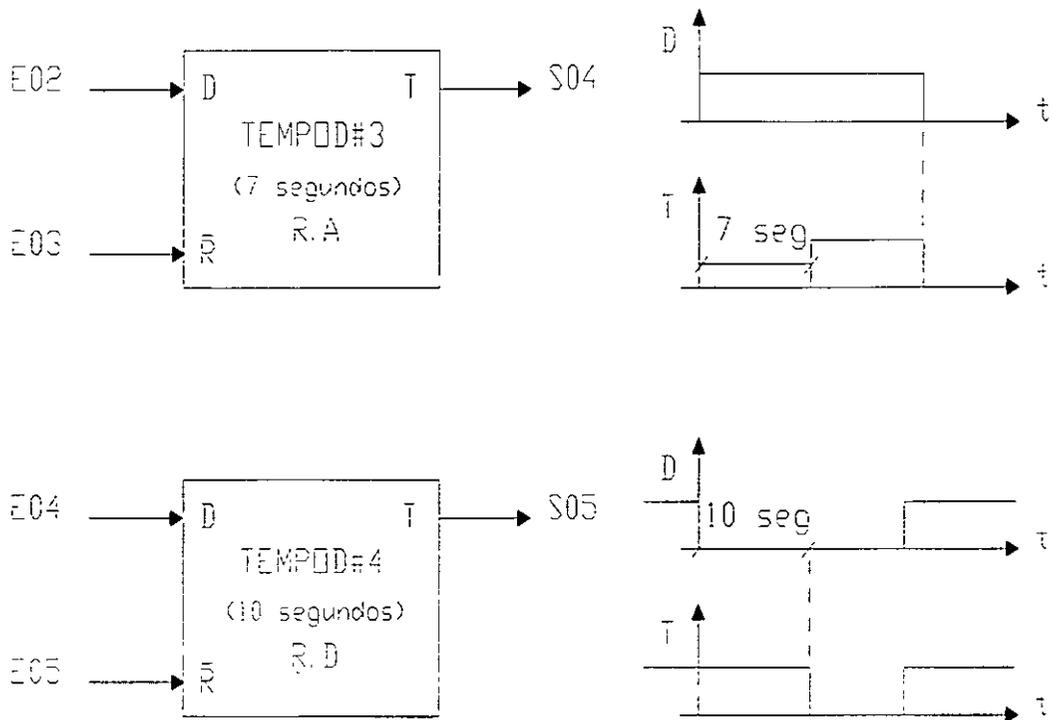


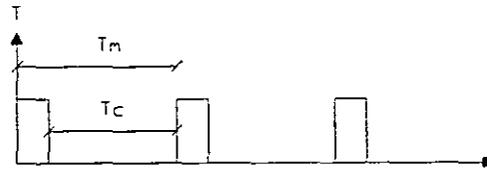
Figura 3.37 Diagramas de tiempo y representaciones como bloques, de los dos temporizadores del ejemplo 3.11

**DESCRIPCIÓN DEL ML QUE REALIZA TEMPORIZADORES ASTABLES**

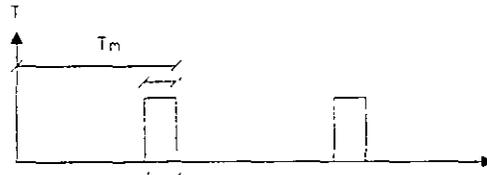
El PLM puede realizar temporizadores astables que generan señales cuadradas con ciclo de trabajo que puede ser fijado por el usuario, en las figuras 3.39 y 3.40 se muestran respectivamente la representación como bloque de este módulo y los diagramas de tiempo asociados, el nivel de arranque puede ser uno o cero, esto definido por el usuario.



Figura 3.39 Representación genérica de un temporizador astable realizable en el PLM.



( a )



( b )

Figura 3.40 Diagramas de tiempos asociados con un temporizador astable con arranque en uno (a) y con arranque en cero (b).

Los tiempos  $T_c$  y  $T_m$  pueden estar comprendidos entre 10ms y 47 horas con 22 minutos y 36.2 segundos, debiendo siempre el tiempo  $T_c$  ser menor que el tiempo  $T_m$ ; la entrada R responde al nivel, y al verificarse se coloca en la salida el nivel de arranque y se inicializa el contador asociado.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, la sintaxis correspondiente es:

TEMPOE#N XRIRJR, XTITJT, HHm:MMm:SSm.CSm, HHc:MMc:SSc.CSc, AB;

Donde:

N denota el número de temporizador, esto definido por el usuario.

XR podrá ser la letra "e", "s" o "i" mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de restablecimiento (R) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada "R" al temporizador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada "R".

XT podrá ser la letra "s" o "i" mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida "T" del temporizador sea una VBS o VBI.

IT denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del temporizador.

JT denota el número de bit dentro del grupo IT, asociado a la variable de salida del temporizador.

HHm denota un par de dígitos que especifican el número de horas en el tiempo  $T_m$ , siendo 47 el valor máximo aceptado.

MMm denota un par de dígitos que especifican el número de minutos en  $T_m$ .

SSm denota un par de dígitos que especifican los segundos en  $T_m$ .

CSm denota un par de dígitos que especifican las centésimas de segundo en  $T_m$ .

HHc denota un par de dígitos que especifican el número de horas en el tiempo  $T_c$ , siendo 47 el valor máximo aceptado.

MMc denota un par de dígitos que especifican el número de minutos en  $T_c$ .

SSc denota un par de dígitos que especifican los segundos en  $T_c$ .

CSc denota un par de dígitos que especifican las centésimas de segundo en  $T_c$ .

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador se restablezca por nivel alto, en otro caso ( $A=1$ ), el temporizador se restablecerá por nivel bajo.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador arranque en cero, en otro caso el dígito "B" deberá ser uno.

El siguiente ejemplo ilustra como declarar temporizadores estables con arranque en uno y en cero, en un programa fuente en SILL1.

### **Ejemplo 3.12**

Supóngase que se desea realizar con el PLM dos temporizadores estables, uno con arranque en uno y el otro con arranque en cero. Para el primero se requiere que los tiempos  $T_m$  y  $T_c$  sean respectivamente dos segundos y 250 ms, el nivel de restablecimiento ha de ser bajo y la VB asociada debe ser E06, la salida debe ser la VB S06, asignándosele a este temporizador el número cinco.

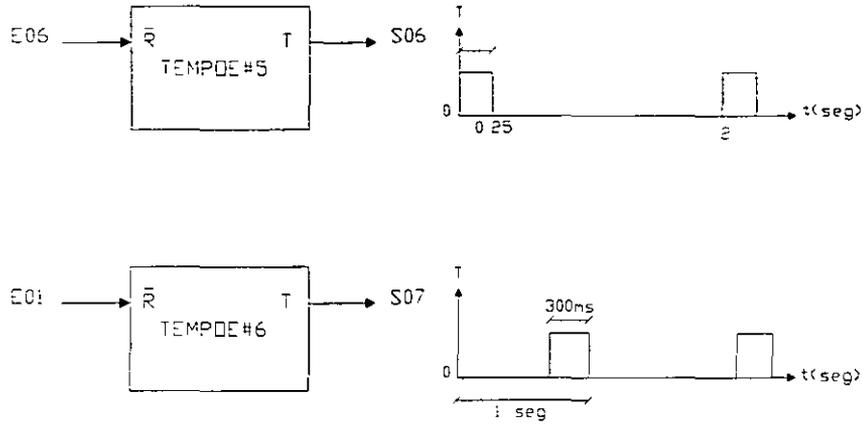
Para el segundo temporizador de este ejemplo, se requiere que los tiempos  $T_m$  y  $t_c$  sean respectivamente un segundo y 300 ms, el nivel de restablecimiento ha de ser bajo siendo E07 la VB asociada, la salida debe ser la vb S07, asignándosele a este temporizador el número seis.

Una declaración para estos temporizadores podría ser la siguiente:

```
TEMPOE#5 E06, S06, 00:00:02.00, 00:00:00.25, 11;
```

TEMPOE#6 E07, S07, 00:00:01.00, 00:00:00.30, 10;

En la figura 3.41 se muestran las representaciones como bloques de los temporizadores de este ejemplo y sus diagramas de tiempo asociados.



dos Figura 3.41 Diagramas de tiempo y representaciones como bloques, de los temporizadores del ejemplo 3.12

**DESCRIPCIÓN DEL ML QUE REALIZA TEMPORIZADORES CON CAPACIDAD PARA GENERAR N PULSOS A INTERVALOS DE TIEMPO ESPECIFICADOS POR EL USUARIO**

El PLM puede realizar temporizadores denominados de tipo *multipulso* que generan N pulsos de anchura fija, a intervalos de tiempo específicos, tanto el número N como los intervalos de tiempo implicados son definidos por el usuario, una vez que ha transcurrido el flanco que lleva a la verificación del último pulso la salida permanece en ese nivel, verificándose otra salida del módulo denominada “testigo de fin de carrera”, este módulo cuenta con dos entradas, una es para restablecimiento y la otra es una entrada denominada “entrada de congelamiento”, al verificarse esta última el estado de la salida de pulsos permanece invariable, en las figuras 3.43 y 3.44 se muestran respectivamente la representación como bloque de este módulo y los diagramas de tiempo asociados, el nivel de verificación de los pulsos es definido por el usuario.

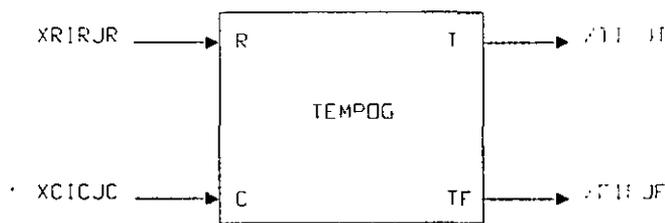


Figura 3.43 Representación genérica de un temporizador multipulso realizable en el PLM.

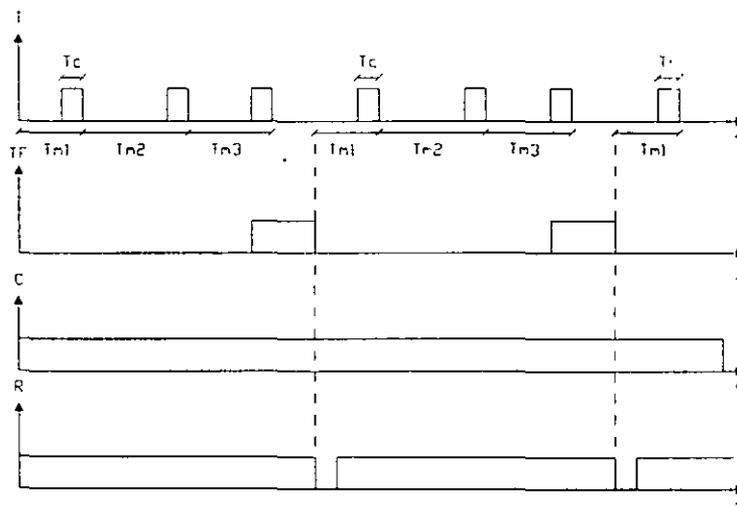


Figura 3.44 Diagramas de tiempos asociados con un temporizador multipulso, para esta ilustración el nivel de verificación de las dos entradas del módulo es bajo, el nivel de verificación, tanto de los pulsos como del testigo de fin de carrera es alto y el número de pulsos es tres.

Los tiempos  $T_c$  y  $T_{mi}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ), pueden estar comprendidos entre 10ms y 47 horas con 22 minutos y 36.2 segundos, debiendo siempre el tiempo  $T_c$  ser menor que todos los tiempos  $T_{mi}$ ; la entrada R responde al nivel, y al verificarse se coloca en la salida el nivel de arranque y se inicializa el contador asociado, dado que para este módulo el usuario debe declarar los N intervalos de tiempo implicados, la declaración de este módulo involucra varios renglones en un programa fuente en SILL1.

Este módulo debe declararse en el subprograma temporizado, la sintaxis correspondiente es:

```

TEMPOG#N XRIRJR, XCICJC, XTITJT, XFIFJF, NP, HH:MM:SS.CS, ABCDE;
# Renglón de datos uno;
# Renglón de datos dos;
.
.
.
.
## último renglón de datos;

```

Donde:

N denota el número de temporizador, esto definido por el usuario.

NP denota el número de pulsos a generar.

XR podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de restablecimiento (R) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IR denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “R” al temporizador.

JR denota el número de bit dentro del grupo IR, asociado a la variable de entrada “R”.

XC podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de congelamiento (C) al temporizador sea una VBE, VBS o VBI.

IC denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “C” al temporizador.

JC denota el número de bit dentro del grupo IC, asociado a la variable de entrada “C”.

XT podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida “T” del temporizador sea una VBS o VBI.

IT denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del temporizador.

JT denota el número de bit dentro del grupo IT, asociado a la variable de salida del temporizador.

XF podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida “TF” del temporizador sea una VBS o VBI.

IF denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida testigo de fin de carrera del temporizador.

JF denota el número de bit dentro del grupo IF, asociado a la variable de salida del temporizador.

HH denota un par de dígitos que especifican el número de horas en el tiempo  $T_c$ , siendo 47 el valor máximo aceptado.

MM denota un par de dígitos que especifican el número de minutos en  $T_c$ .

SS denota un par de dígitos que especifican los segundos en  $T_c$ .

CS denota un par de dígitos que especifican las centésimas de segundo en  $T_c$ .

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el temporizador se restablezca por nivel alto, en otro caso ( $A=1$ ), el temporizador se restablecerá por nivel bajo.

B es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el arranque del tren de pulsos generado sea en bajo (pulsos verificados en alto), en otro caso el dígito “B” deberá ser uno.

C es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que el nivel de verificación de la entrada de congelamiento sea bajo, en otro caso el dígito “C” deberá ser uno.

D es un dígito binario, que habrá de ser cero si se desea que la salida testigo de fin de carrera sea verificada en bajo, en otro caso el dígito “D” deberá ser uno.

E es un dígito binario, que habrá de ser cero si se desea deshabilitar la entrada de congelamiento, en otro caso (operación normal), el dígito “E” deberá ser uno; es importante señalar aquí que aún cuando la entrada de congelamiento sea deshabilitada, en la posición que corresponda a esta entrada en la declaración del módulo, deberá colocarse la especificación de una VB, de no hacerse esto el programa traductor de SIIL1 a código ejecutable por la CC del PLM, indicará un error de sintaxis.

En los renglones de datos habrán de colocarse, separados por comas, las especificaciones de tiempo que correspondan a cada uno de los  $T_{mi}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ) implicados, al hacer esto el usuario es libre de colocar en cada renglón el número de especificaciones de tiempo ( $T_{mi}$ ) que le acomode, cada renglón de datos, excepto el último,

deberá iniciar con el caracter “#” en la primera columna seguido por un espacio, el último renglón de datos deberá iniciar con dos caracteres “#” en la primera y segunda columna seguidos por un espacio, todos los renglones de datos deberán finalizar con el caracter “;”.

Cabe señalar aquí, que en caso de que alguna especificación de tiempo Tmi tenga pares de ceros a la izquierda el usuario podrá, si lo desea, prescindir de ellos en la cadena correspondiente, así, un intervalo Tmi de siete segundos, podrá especificarse como 00:00:07.00 ó 00:07.00 ó 07.00.

El siguiente ejemplo ilustra como declarar temporizadores multidisparo en SIIL1.

### **Ejemplo 3.13**

Supóngase que se desea realizar con el PLM un temporizador multidisparo que genere seis pulsos, es necesario que el arranque sea en cero (pulsos verificados en alto), se requiere que el tiempo Tc sea dos segundos, el nivel de restablecimiento ha de ser bajo y la VB asociada debe ser E06, la entrada de congelamiento “C” habrá de ser la VB E07 con un nivel de verificación en bajo, la salida de pulsos “T” deberá ser la VB S06 y la salida “TF” habrá de ser la VB S07 con verificación en alto, asignándosele a este temporizador el número siete.

Los seis intervalos de tiempo (Tmi) implicados deberán presentarse en el orden que se indican a continuación: treinta segundos, un minuto con treinta segundos, veinte segundos, cinco segundos con 250 ms, dos minutos y un minuto con dos segundos.

La declaración de este temporizador multidisparo podría ser:

```
TEMPOG#7 E06, E07, S06, S07, 6, 00:00:02.00, 10011;  
# 30.00, 01:30.00, 20.00, 05.25;  
## 02:00.00, 01:02.00;
```

En la figura 3.45 se muestra la representación como bloque del temporizador de este ejemplo y su diagramas de tiempo asociado.

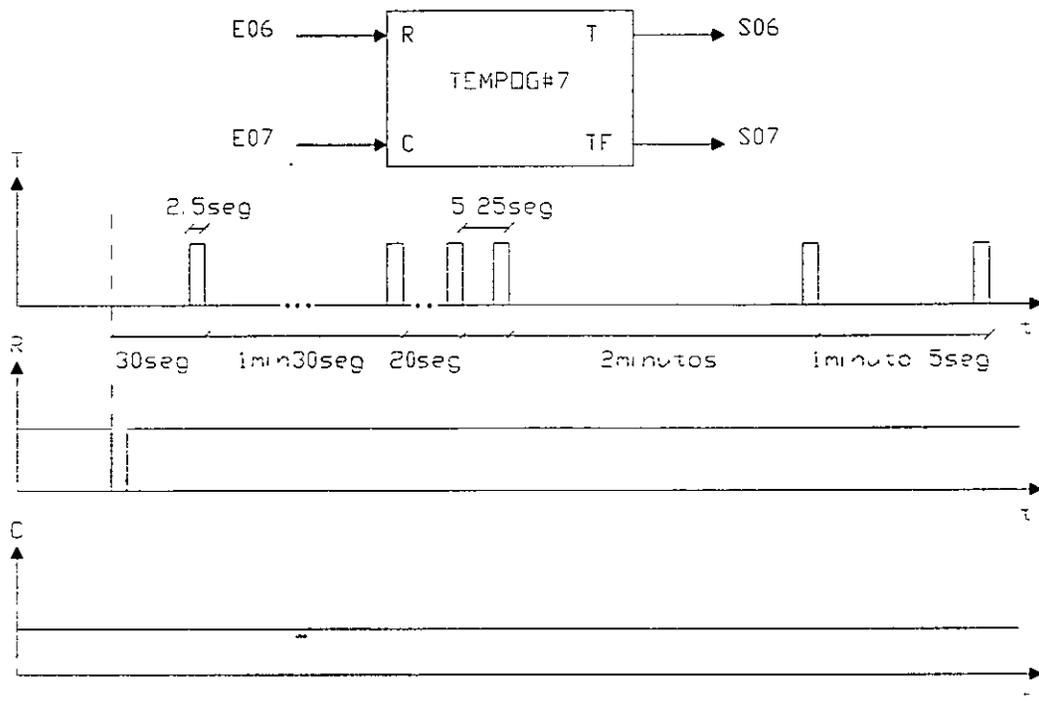


Figura 3.45 Diagrama de tiempo y representación como bloque, del temporizador multidisparo del ejemplo 3.13.

**DESCRIPCIÓN DEL ML QUE REALIZA TEMPORIZADORES CON CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE PULSOS EN INSTANTES DE ACUERDO AL ESTADO DEL RELOJ DE TIEMPO REAL (RTR)**

El PLM puede realizar temporizadores denominados de tipo *GPRTR*, con capacidad para generar pulsos en instantes preestablecidos de acuerdo con el RTR, la duración de los mismos es aproximadamente de 100 ms, de acuerdo con la forma en que se especifiquen los instantes en que se desea se produzcan los pulsos los temporizadores *GPRTR* pueden ser de seis clases a saber:

- 1.- Temporizador *GPRTR* de clase uno, en este caso se especifican los instantes de disparo con un par de dígitos, que indican los segundos en los que se desea que aparezcan los pulsos; por ejemplo, 43 sería una especificación de disparo para el segundo cuarenta y tres de cada minuto.
- 2.- Temporizador *GPRTR* de clase dos, en este caso se especifican los instantes de disparo con dos pares de dígitos, que indican los minutos y segundos en los que se desea que aparezcan los pulsos; por ejemplo, 37:15 sería una especificación de disparo para el minuto treinta y siete con quince segundos de cada hora.

3.- Temporizador GPRTR de clase tres, en este caso se especifican los instantes de disparo con tres pares de dígitos, que indican en que hora, minuto y segundo se desea que aparezcan los pulsos; por ejemplo, 13:23:10 sería una especificación de disparo para las trece horas con veintitrés minutos y diez segundos.

4.- Temporizador GPRTR de clase cuatro, en este caso se especifican los instantes de disparo con un par de caracteres que indican un día de la semana seguidos por tres pares de dígitos, de esta forma cada especificación indica en que hora minuto y segundo y día de la semana se desea que aparezcan los pulsos; por ejemplo, VI/00:12:08 sería una especificación de disparo para las cero horas con doce minutos y ocho segundos de un día viernes.

El par de caracteres empleados para denotar a cada uno de los días de la semana es: “LU” para el lunes, “MA” para el martes, “MI” para el miércoles, “JU” para el jueves, “VI” para el viernes, “SA” para el sábado y “DO” para el domingo.

5.- Temporizador GPRTR de clase cinco, en este caso se especifican los instantes de disparo con cinco pares de dígitos, que indican en que número de día, mes, hora, minuto y segundo se desea que aparezcan los pulsos; por ejemplo, 08/05/12:30:02 sería una especificación de disparo para las doce horas con treinta minutos y dos segundos de un día ocho de mayo.

6.- Temporizador GPRTR de clase seis, en este caso se especifican los instantes de disparo con seis pares de dígitos, que indican en que día de mes, mes, año, hora, minuto y segundo se desea que aparezcan los pulsos; por ejemplo, 03/31/02/15:12:13 sería una especificación de disparo para las quince horas con doce minutos y trece segundos del treinta y uno de marzo del año dos mil dos.

Los caracteres delimitadores “/” y “:” pueden ser remplazados por cualquier otro, ya que el software de traducción no los toma en cuenta para fines de la obtención de la representación binaria asociada con cada una de las especificaciones de disparo, correspondientes a un temporizador de tipo GPRTR.

Este temporizador es deshabilitado siempre que el usuario tenga oprimido el botón auxiliar “A” (BAXA), el cual es empleado para habilitar el poder poner a tiempo el RTR mediante los botones auxiliares BAXB y BAXC, presentes en el BCLD del PLM, para más

información acerca de como colocar a tiempo el RTR puede consultarse en este trabajo el módulo que lo maneja que es denominado como RTRX.

En la figura 3.48 se muestra la representación genérica de un temporizador de tipo GPRTR.

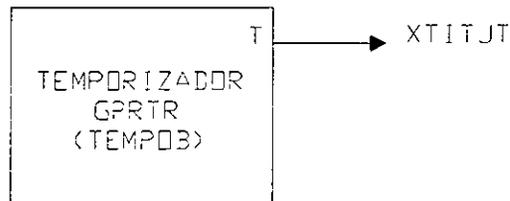


Figura 3.48 Representación genérica de un temporizador de tipo GPRTR realizable en el PLM.

Este módulo debe declararse en el subprograma principal, la sintaxis correspondiente es:

```

        TEMPOB#N XTITJT, CLASE, NT, A;
# Renglón de datos uno;
# Renglón de datos-dos;
.
.
.
## último renglón de datos;

```

Donde:

N denota el número de temporizador, esto definido por el usuario; cabe señalar aquí el hecho de que la numeración para módulos GPRTR es independiente de la correspondiente a la correspondiente con los otros cinco temporizadores que puede realizar el PLM.

CLASE es un dígito que denota la clase de temporizador GPRTR que se desea realizar.

NT denota el número de pulsos a generar, el cual es limitado a cincuenta por módulo.

XT podrá ser la letra “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de salida “T” del temporizador sea una VBS o VBI.

IT denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como salida del temporizador.

JT denota el número de bit dentro del grupo IT, asociado a la variable de salida del temporizador.

A es un dígito binario, que habrá de ser cero, si se desea que los pulsos de salida sean verificados en bajo, en otro caso (pulsos de salida verificados en alto ) “A” deberá ser uno.

En los renglones de datos habrán de colocarse, separados por comas, las especificaciones de disparo deseadas, al hacer esto el usuario es libre de colocar en cada renglón el número de especificaciones de disparo que le acomode, cada renglón de datos, excepto el último, deberá iniciar con el caracter “#” en la primera columna seguido por un espacio, el último renglón de datos deberá iniciar con dos caracteres “##” en la primera y segunda columna seguidos por un espacio, todos los renglones de datos deberán finalizar con el caracter “;”.

El siguiente ejemplo ilustra como declarar temporizadores GPRTR en SHL1.

#### **Ejemplo 3.14**

Supóngase que se desea realizar con el PLM un temporizador de tipo GPRTR que genere cinco pulsos verificados en alto, los primeros dos habrán de presentarse los días lunes a las ocho de la mañana en punto y a las once horas con cinco minutos, los otros tres se deberán presentar los días miércoles jueves y sábado a las cinco de la tarde; la salida “T” deberá ser la VBS S12, asignándosele el número nueve; el temporizador GPRTR obviamente sería de clase cuatro.

La declaración de este temporizador GPRTR podría ser:

```
TEMPOB#9 S12, 4, 5, 1;  
# LU/08:00:00, LU/11:05:00, MI/17:00:00;  
## JU/17:00:00, SA/17:00:00;
```

En la figura 3.49 se muestra la representación como bloque del temporizador de este ejemplo.

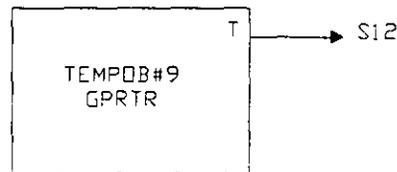


Figura 3.49 Diagrama de tiempo y representación como bloque, del temporizador GPRTR del ejemplo 3.14.

### MÓDULOS AUXILIARES (MA)

Existen módulos para el PLM denominados como auxiliares, que sirven para manejar facilidades que no son propiamente funciones lógicas, para varios de ellos la declaración correspondiente no requiere de operandos, algunos de estos módulos se deberán colocar en el subprograma principal y otros en el temporizado.

#### DESCRIPCIÓN DEL MA CON CAPACIDAD PARA GENERAR TEXTO ESTÁTICO Y/O DINÁMICO EN LA UD DEL PLM

El PLM puede realizar módulos denominados de tipo *MENSAJERO*, con capacidad para generar texto, predefinido por el usuario, dicho texto podría ser el alusivo a una condición de alarma, o bien cualquier otro tipo de mensaje que el usuario deseara desplegar, en la figura 3.52 se muestra la pantalla de la UD, ahí se aprecia que la misma puede desplegar dos renglones de dieciséis caracteres cada uno; la posición de cada carácter se especifica por un par de números que denotan en que renglón y columna se encuentra el mismo.

Al texto a desplegar se le denomina mensaje, teniendo este módulo la capacidad para desplegar mensajes fijos y/o mensajes móviles, este último será visible en una ventana delimitada por dos columnas, cuyo número es definido por el usuario y se desplazará entrando por la columna que define el extremo derecho de la ventana, saliendo por el extremo izquierdo de la misma; el usuario puede especificar en la declaración correspondiente, en cual renglón de la UD se desplegarán cada uno de los dos tipos de mensaje aquí mencionados, el tamaño en caracteres del mensaje móvil es definido por el

usuario, a cada uno de los mensajeros involucrados en una determinada aplicación se le ha de asignar un número, el cual es limitado a 32 por el software de traducción.

Dado el reducido tamaño de la pantalla de la UD, este módulo está diseñado de modo que en una aplicación que involucre más de un mensajero, sólo esté activo uno a la vez, por defecto el mensajero que es activo al iniciar la ejecución de un programa en el PLM, es el número cero, existen dos módulos con capacidad para cambiar el número de mensajero activo y estos son el módulo MANDESP y el módulo ALARMA, los cuales serán explicados más adelante.

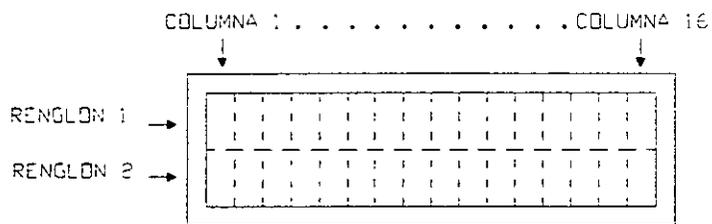


Figura 3.52 Pantalla física de la Unidad Desplegadora (UD) del PLM.

El módulo mensajero es deshabilitado siempre que el usuario tenga oprimido el botón auxiliar "A" (BAXA), el cual es empleado para habilitar el poder poner a tiempo el RTR mediante los botones auxiliares BAXB y BAXC, presentes en el BCLD del PLM, para más información acerca de como colocar a tiempo el RTR puede consultarse en este trabajo el módulo que lo maneja que es denominado como RTRX.

Este módulo debe declararse como parte del subprograma temporizado, la sintaxis para declararlo es la siguiente:

```

MENSAJERO#N "MENSAJE FIJO", CI, TV, P, ABCD;
# Renglón de datos uno
# Renglón de datos dos
.
.
.
.
## último renglón de datos
    
```

Donde:

N denota el número de mensajero, esto definido por el usuario, el valor máximo permitido es 32.

MENSAJE FIJO es una cadena de un máximo de dieciséis caracteres, que es colocada a partir de la columna uno del renglón que el usuario especifique, nótese el empleo de comillas para delimitar el texto del mensaje fijo, si el usuario deseara que no haya mensaje fijo, denotaría esto con dos comillas seguidas.

CI denota el número de columna, que delimita el extremo izquierdo de la ventana donde se desplegará el mensaje móvil.

TV representa el tamaño en columnas del mensaje móvil.

P es un número comprendido entre 1 y 255, que representa el intervalo en centésimas de segundo entre dos posiciones subsecuentes del mensaje móvil.

A es un dígito binario, que habrá de ser uno, si se desea que el mensaje fijo se despliegue en el renglón uno, en otro caso "A" deberá ser cero.

B es un dígito binario, que deberá ser uno, si se desea que el mensaje móvil se despliegue en el renglón uno, en otro caso "B" deberá ser cero.

C es un dígito binario, que deberá ser cero, si se desea que el mensajero opere sólo si el mismo es el módulo desplegador activo, si "C" es uno, el mensajero opera independientemente del hecho de que el mismo sea el módulo desplegador activo, desde luego que el usuario sería responsable de que en el último caso no se produjera una colisión, entre dos mensajeros, que intentarán escribir texto en una misma zona de la pantalla de la UD.

D es un dígito binario, que deberá ser cero, si se desea que únicamente se despliegue el mensaje fijo, si "D" se pone en uno la operación será normal, desplegándose tanto el mensaje fijo como el móvil.

En los renglones de datos habrá de colocarse el texto del mensaje móvil, al hacer esto el usuario es libre de colocar en cada renglón el número de caracteres que le acomode, cada renglón de datos, excepto el último, deberá iniciar con el carácter "#" en la primera columna seguido por un espacio, el último renglón de datos deberá iniciar con dos caracteres "#" en la primera y segunda columna seguidos por un espacio, a diferencia de los otros módulos que involucran declaraciones de datos, al final de cada renglón de datos no deberá colocarse el carácter ";".

En caso de que un renglón de datos terminara con una palabra completa, deberá colocarse el carácter "]" como último carácter del mismo, de no hacerse esto, en el mensaje

móvil aparecerán, sin espaciado entre ellas, la última palabra del renglón en cuestión y la primera del renglón subsecuente, por cada carácter “|” colocado al final de un renglón de datos aparecerá, en el mensaje móvil, un espacio entre el último carácter de un renglón de datos y el primero del siguiente, los caracteres espacio que queden en alguna posición intermedia, en los renglones que declaran el contenido del texto móvil, se colocan de manera normal.

El siguiente ejemplo ilustra como declarar módulos mensajeros en SIIL1.

### **Ejemplo 3.15**

Supóngase que como parte de una aplicación del PLM se desea realizar un módulo de tipo mensajero, el cual deberá activarse al iniciar la ejecución en el PLM del programa escrito para el caso, debiendo ser el texto fijo el siguiente: “PROG1”, el texto móvil debe ser: “Se inició exitosamente la ejecución de PROG1 en el PLM, mientras aparezca este mensaje, no se ha generado ninguna condición de alarma”.

Tanto el texto fijo como el móvil deberán aparecer en el renglón uno, la ventana para el mensaje móvil deberá estar comprendida entre las columnas 7 y 16 ( $TV = 10$ ), siendo 25 centésimas de segundo el intervalo deseado entre posiciones subsecuentes del mensaje móvil; debiendo el mensajero operar sólo cuando el número que se le asigne coincida con el del módulo desplegador activo ( $C = 0$ ).

Dado que se requiere que el mensajero inicie su operación al ejecutarse el programa de la aplicación, se le deberá asignar el número cero; por lo tanto, la declaración de este mensajero podría ser:

```
MENSAJERO#0 “PROG1”, 7, 10, 25, 1101;  
# Se inició exitosamente la ejecución de PROG1|  
# en el PLM, mientras aparezca este mensaje, no se ha generado ninguna condición de|  
## alarma
```

En la figura 3.53 se muestra el aspecto que tendría la pantalla de la UD, 150 centésimas de segundo después de iniciarse la ejecución del programa que contenga el mensajero del ejemplo 3.15.

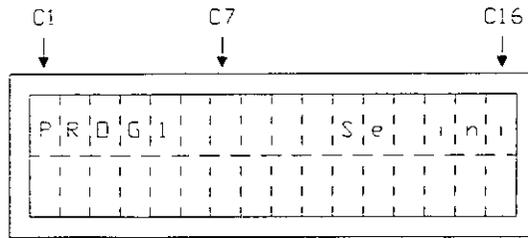


Figura 3.53 Pantalla de la UD, 150 centésimas de segundo después de iniciarse la ejecución del programa que contenga el mensajero del ejemplo 3.15.

### DESCRIPCIÓN DEL MA CON CAPACIDAD PARA GENERAR MENSAJES DE ALARMA EN LA UD DEL PLM

El PLM puede realizar módulos denominados de tipo *ALARMA*, con capacidad para generar mensajes en la UD, este módulo cuenta con una sola entrada, que al verificarse, hace que el texto asociado con un determinado módulo mensajero sea desplegado en la UD. En la figura 3.56 se muestra la representación como bloque de este tipo de módulo.

Cada módulo de alarma tendrá asociado el número de módulo mensajero, que contiene el texto alusivo a la misma, el orden de colocación de la declaración correspondiente en el programa fuente será el orden de prioridad del mensaje de alarma asociado; de esta manera, el primer módulo de alarma colocado tendrá máxima prioridad, mientras que el último tendrá la prioridad mínima, esto quiere decir que si se verifica más de una entrada de alarma en sendos módulos de este tipo, se desplegará en la UD únicamente el mensaje asociado con el módulo de mayor prioridad, cuando la entrada de alarma asociada con este último módulo se desverifica se despliega el mensaje asociado con el módulo de alarma de mayor prioridad cuya entrada permanezca verificada.

Cuando no están verificadas las entradas asociadas, con cada uno de los módulos de alarma declarados en un programa en SILL1, el texto que se despliega es el correspondiente con el módulo mensajero número cero; así, el texto que indique que no se ha dado ninguna condición de alarma, habrá de ser el asociado con un módulo mensajero, al que se deberá asignar el número cero; de este modo, al diseñar un sistema de mensajes de alarma apoyándose en los módulos mensajeros y de alarma, siempre deberá existir un módulo mensajero con el número cero.

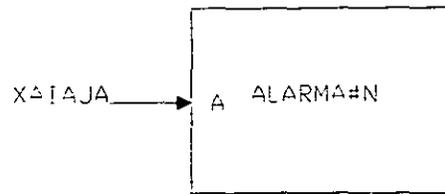


Figura 3.56 Representación como bloque, del módulo activador de mensajes de alarma.

Este módulo debe declararse como parte del subprograma principal, la sintaxis para declararlo es la siguiente:

```
ALARMA#NMG XAJAIA, A;
```

Donde:

NMG denota el número de módulo de tipo alarma, que debe coincidir con el número de módulo mensajero asociado con el mensaje a desplegar, cuando se verifique la variable definida como entrada al módulo de alarma.

XA podrá ser la letra “e”, “s” o “i” mayúscula o minúscula, dependiendo esto de que la variable de entrada de activación de mensaje de alarma (A), sea una VBE, VBS o VBI.

IA denota el número de grupo que corresponda a la VB declarada como entrada “A”.

JA denota el número de bit dentro del grupo IA, asociado a la variable de entrada “A”.

A es un dígito binario, que habrá de ser uno, si se desea que el nivel de verificación de la entrada sea alto, en otro caso “A” deberá ser cero.

El siguiente ejemplo ilustra como programar un sistema de mensajes de alarma en SIII1, empleando para ello a módulos mensajeros y de alarma.

### Ejemplo 3.16

Supóngase que como parte de una aplicación del PLM, se desea realizar un sistema de mensajes de alarma con tres mensajes testigo, todos ellos móviles sin mensaje fijo y desplegados en el primer renglón de la UD a partir de la columna uno, con un tamaño de ventana de 10 caracteres, de modo que el mensaje de mayor prioridad tenga el siguiente texto: “El motor del compresor principal se ha detenido, si no se reinicia su operación,

habrá que parar la planta por 24 horas”; el texto del siguiente mensaje en orden de prioridad deberá ser: “La temperatura del interior de la autoclave 4 no es la adecuada, checar el controlador asociado.”; finalmente, el texto del mensaje de mínima prioridad ha de ser: “La pintura en el dosificador A, se ha agotado; por lo tanto, el suministro de pintura se ha conmutado al dosificador B.”; se requiere que el mensaje la condición de no alarma sea: “Operación normal, no se ha dado ninguna condición de alarma”, debiendo el mismo ser móvil, desplegado al igual que los mensajes de alarma, en el renglón uno a partir de la columna uno con un tamaño de ventana de 10 caracteres; se desea que el intervalo entre posiciones subsecuentes de los mensajes sea de 30 centésimas de segundo.

Las VB que testificarían las condiciones de alarma serían en orden de prioridad las siguientes: E23, E12, e I12, siendo las dos primeras verificadas en alto y la última en bajo, a los módulos mensajeros se les deberá asignar, de acuerdo al orden de prioridad los números 3, 5, y 7.

Este ejemplo implica a varios módulos, cuatro mensajeros y tres activadores de mensajes de alarma, de acuerdo a lo explicado en párrafos anteriores los módulos activadores de alarma de este ejemplo se deben colocar en el subprograma principal mientras que los módulos mensajeros deben ser parte del subprograma temporizado a continuación se muestra una posible forma de hacer las declaraciones correspondientes:

Declaraciones de los módulos de tipo de alarma, (deben estar en el subprograma principal).

ALARMA#3 E23, 1; Prioridad 1

ALARMA#5 E12, 1; Prioridad 2

ALARMA#7 I12, 0; Prioridad 3

Declaraciones de los módulos mensajeros, (deben estar en el subprograma temporizado).

MENSAJERO#5 “”, 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de alarma E12.

# La temperatura del interior de la autoclave 4 no es la adecuada, |

## checar el controlador asociado.

MENSAJERO#3 “”, 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de alarma E23.

# El motor del compresor principal se ha detenido, si no se reinicia su operación, |

## habrá que parar la planta por 24 horas

MENSAJERO#7 “”, 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de alarma I12.

# La pintura en el dosificador A, se ha agotado; por lo tanto, el suministro de pintura |  
## se ha conmutado al dosificador B.

MENSAJERO#0 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje testigo de no condición de alarma.

# Operación normal, no se ha dado ninguna condición de alarma

Nótese que las declaraciones de los módulos mensajeros, pueden ser hechas no necesariamente en el que corresponda, a la prioridad de los mensajes que portan.

Para apreciar como sería un programa completo en SIIL1, que contuviera un sistema de mensajes de alarma, se puede ver el ejemplo 3.18 al final de este capítulo.

### **DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO OBSERVADOR DEL ESTADO DE CONTADORES DE EVENTOS**

El PLM puede realizar módulos que hacen que el estado de un determinado contador de eventos sea desplegado en la UD, definiendo el usuario el número de contador, el renglón y la columna donde se mostrará la cuenta, así como también el número de dígitos a emplear; el software de traducción limita a ochenta el número de contadores de eventos permisibles.

Este módulo debe declararse como parte del subprograma principal, la sintaxis para declararlo es la siguiente:

OBSCE#N CI, ND, R;

Donde:

N denota el número de módulo observador de contador de eventos, que a su vez es igual al que corresponda, con el contador cuyo estado se desea desplegar.

CI denota el número de columna en la UD, a partir de la cual se mostrará la cuenta.

ND especifica el número de dígitos significativos a emplear.

R es un número que habrá de ser uno si se desea que la cuenta sea desplegada en el renglón superior de la UD, en otro caso R deberá ser dos.

El siguiente ejemplo ilustra como declarar un módulo observador de contador de eventos.

#### **Ejemplo 3.17**

Supóngase que como parte de una aplicación del PLM, se desea desplegar el estado de un contador de eventos cuyo número de asignación es tres, requiriéndose que la cuenta

sea mostrada en el renglón inferior de la UD a partir de la quinta columna, mostrándose sólo los tres dígitos menos significativos de la cuenta.

La declaración correspondiente es:

OBSCE#3 5, 3,2;

### DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO MANEJADOR DEL RELOJ DE TIEMPO REAL (RTR)

Para habilitar el poder poner a tiempo el RTR del PLM, existen dos tipos de módulos auxiliares denominados como RTRA y RTRC; la diferencia entre ambos radica en el hecho de que para el primero el estado del RTR (hora y fecha) es visible en la UD, ocupando la fecha las columnas nueve a la dieciséis del primer renglón y la hora las mismas columnas en el renglón dos, véase la figura 3.59; mientras que para el MA RTRC el estado del RTR no es visible en la UD; ambos MA contienen código que permite el poder poner a tiempo el RTR, empleando para ello únicamente los tres botones (BAXA, BAXB, y BAXC), ligados al puerto auxiliar A del bloque de comando local y despliegue (BCLD) del PLM.

								S	A	I	B	0	7	9	2	
								1	1	2	1	5	1	3	1	7

Figura 3.59 Aspecto que tendría el despliegue del estado del RTR en la UD, cuando la fecha y hora son los indicados, al ejecutarse en el PLM un programa que contenga la declaración del MA RTRA.

En la figura 3.60 se muestra la representación como bloque de los MA RTRA y RTRC, estos módulos deben ser declarados en el subprograma temporizado y la sintaxis asociada es:

RTRX;

Donde:

X será la letra A, si se desea que el estado del RTR sea visible en la UD, en otro caso X deberá ser la letra C.

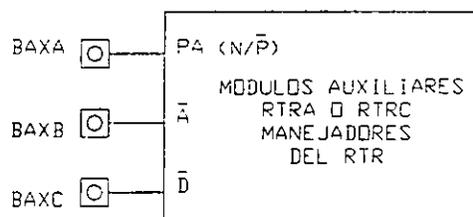


Figura 3.60 Representación como bloque de los módulos auxiliares RTRA y RTRC.

Estos módulos deben ser declarados una sola vez en un programa en SIIL1; de este modo, al ejecutarse el mismo quedarán habilitadas las facilidades de despliegue y puesta a tiempo del RTR; para poner a tiempo el RTR se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1.- Oprimir el botón PA (BAXA), esto hace que aparezca en la UD el estado del RTR al instante de la opresión sin mostrarse avance en el tiempo, en todos los siguientes pasos salvo el último, el botón PA deberá permanecer oprimido.

2.- Oprimir el botón “A” (BAXB), esto hace que aparezcan sucesivamente en la posición de los caracteres que denotan el año, los siguientes pares de caracteres: **SE**, indicando que al oprimir el botón “D” los dígitos indicadores de los segundos avanzan en forma natural; **MI**, indicando que al oprimir el botón “D” los dígitos indicadores de los minutos avanzan en forma natural; **HO**, indicando que al oprimir el botón “D” los dígitos indicadores de las horas avanzan en forma natural; **DS**, indicando que al oprimir el botón “D” los caracteres indicadores del día de la semana avanzan en forma natural; **DM**, indicando que al oprimir el botón “D” los dígitos indicadores del día del mes avanzan en forma natural; **ME**, indicando que al oprimir el botón “D” los dígitos indicadores del mes avanzan en forma natural; repitiéndose lo anterior en forma cíclica mientras el botón “A” permanezca oprimido.

Por defecto, el avance que queda habilitado al oprimirse el botón “PA” es el correspondiente al par de dígitos que denota el año, no habiendo testificación de avance como las indicadas en el párrafo anterior.

3.- Soltar el botón “A” cuando en las columnas quince y dieciséis del renglón uno de la UD, aparezcan los caracteres que denotan al par de dígitos que se desea ajustar; por ejemplo, si se desea ajustar los dígitos que indican “horas”, el botón A deberá soltarse

cuando en la esquina superior derecha de la UD aparezcan el par de letras “HO”, véase la figura 3.61.

4.- Oprimir el botón “D” (BAXC), hasta que el par de dígitos seleccionado llegue al valor deseado.

5.- Repetir los pasos dos, tres y cuatro, para cada par de dígitos indicadores del estado del RTR que se desee ajustar.

6.- Soltar el botón “PA”, esto hace que la hora y fecha indicada por el usuario sea copiada al RTR.

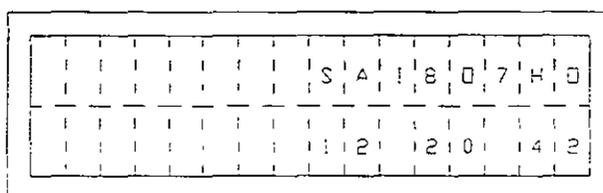


Figura 3.61 Aspecto de la pantalla de la UD, indicando que el par de dígitos indicadores de las “horas”, se incrementarán al oprimirse el botón “D”.

### DESCRIPCIÓN DEL MA DESP, QUE COPIA A LA UD EL CONTENIDO DE SU BUFFER ASOCIADO

Siempre que se empleen módulos que hagan uso de la UD, se deberá declarar en el subprograma principal un MA denominado como DESP, esto habrá de hacerse una sola vez. Este MA copia cíclicamente el contenido del buffer de la UD al desplegador físico, la sintaxis para declarar a este módulo es la siguiente:

**DESP;**

#### 3-6-6 Descripción del MA MANDESP, que permite observar para verificación, el texto asociado con módulos de tipo mensajero.

El PLM cuenta con un MA que permite observar cíclicamente el texto asociado con los módulos de tipo mensajero, que hayan sido declarados como parte del programa en SIIL1, correspondiente a una determinada aplicación, para habilitar esto este módulo debe declararse como parte del subprograma temporizado; así, al estarse ejecutando el programa y oprimirse sucesivamente el botón BAXD del BCLD se mostrarán, uno a la vez, los diferentes textos asociados con los módulos de tipo mensajero que se hubieren declarado, especificando el usuario el número máximo de módulo mensajero implicado, los textos irán

apareciendo en orden ascendente, al oprimirse BAXD cuando se esté desplegando el mensaje cuyo módulo asociado tiene el valor máximo definido, se regresa al despliegue del mensaje correspondiente al módulo mensajero número cero, repitiéndose el ciclo siempre que el usuario continúe oprimiendo el botón BAXD.

El propósito de este MA es proporcionar al usuario un medio para verificar la operación de los diversos módulos de tipo mensajero, que el mismo este empleando en una determinada aplicación, una vez hecho esto el usuario podrá, si lo desea, eliminar del programa la declaración de este MA; la sintaxis para declarar a este módulo es:

MANDESP N;

Donde:

N representa el número máximo asociado con módulos de tipo mensajero que contenga el programa.

## EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN

Con el objeto de aclarar ideas acerca de lo tratado en este capítulo, se muestra aquí un ejemplo de programación en SILL1, cuyo propósito es meramente didáctico, los módulos que contiene no son parte de los requerimientos de un determinado control lógico y su inclusión en el programa, es sólo con el propósito de ilustrar la potencialidad del PLM, para realizar bloques funcionales de utilidad en la automatización de procesos.

Cabe recordar aquí que un programa en SILL1, está estructurado no solo por las declaraciones que correspondan a los módulos lógicos y auxiliares que el mismo contenga, sino también por los comandos: CONFIGN, INPROG, FINPP, INMODI, y FINMODI; que especifican la configuración de funcionamiento y delimitan a los subprogramas principal y temporizado del mismo, véase la sección 1-5-2 de esta tesis.

### Ejemplo 3.18

Se desea realizar con el PLM los siguientes cuatro bloques funcionales:

1.- Función lógica combinacional de cuatro entradas, siendo las mismas las VBE E30, E31, E32 y E33, la salida del bloque debe ser la VBS S17 y deberá verificarse en alto para los minterminos de entrada 0000, 0110, y 1111.

En la figura 3.66 se ilustra un posible arreglo de compuertas que pueden realizar la función combinacional aquí requerida, nótese el empleo de variables booleanas intermedias.

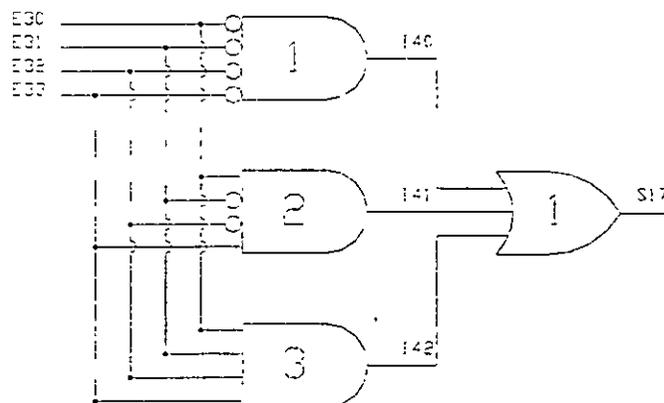


Figura 3.66 Arreglo de compuertas lógicas y variables asociadas, para realizar la función combinacional del ejemplo 3.18.

A continuación se muestra el tramo de código SILL1, asociado con el arreglo de compuertas mostradas en la figura 3.66, véanse las secciones 3-5-4 y 3-5-5 de esta tesis.

```
AND4#1 E30, E31, E32, E33, I40, 0000;  
AND4#2 E30, E31, E32, E33, I41, 0110;  
AND4#3 E30, E31, E32, E33, I42, 1111;  
OR3#1 I40, I41, I42, S17, 111;
```

2.- Sistema de mensajes de alarma que opere de la siguiente forma:

No debe haber texto fijo, el texto móvil debe apreciarse en el primer renglón de la UD a partir de la primera columna, con un tamaño de ventana de diez caracteres y una cadencia de 30 centésimas de segundo entre posiciones sucesivas del mismo, los mensajes de alarma deseados son tres y deben activarse al tenerse un nivel alto en las entradas E23 y E12 y cada que falten quince minutos para la hora en el RTR; a continuación se describe el texto deseado para cada uno de ellos.

Al oprimirse un botón normalmente abierto ligado con la entrada E23, deberá aparecer en la UD el siguiente mensaje móvil: “Se ha oprimido el botón ligado con la entrada E23 del PLM”.

Al oprimirse un botón normalmente abierto ligado con la entrada E12, deberá aparecer en la UD el siguiente mensaje móvil: “Se ha oprimido el botón ligado con la entrada E12 del PLM”.

Cada que falten quince minutos para la hora en el RTR, deberá aparecer por veinte segundos en la UD, el siguiente texto móvil: “Faltan quince minutos para la hora.”

Se supone que el orden de prioridad de los mensajes debe ser el que se uso para describirlos en los párrafos anteriores, siendo el mensaje de no condición de alarma el siguiente: “Operación normal, no se ha dado ninguna condición de alarma.”; en la figura 3.67 se ilustra un posible arreglo de módulos que puede emplearse para realizar el sistema de alarmas aquí requerido, nótese el empleo de dos temporizadores, uno de tipo GPRTR (TEMPOB#1) y el otro de tipo monodisparo (TEMPOC#3) además del empleo de módulos de tipo mensajero y alarma.

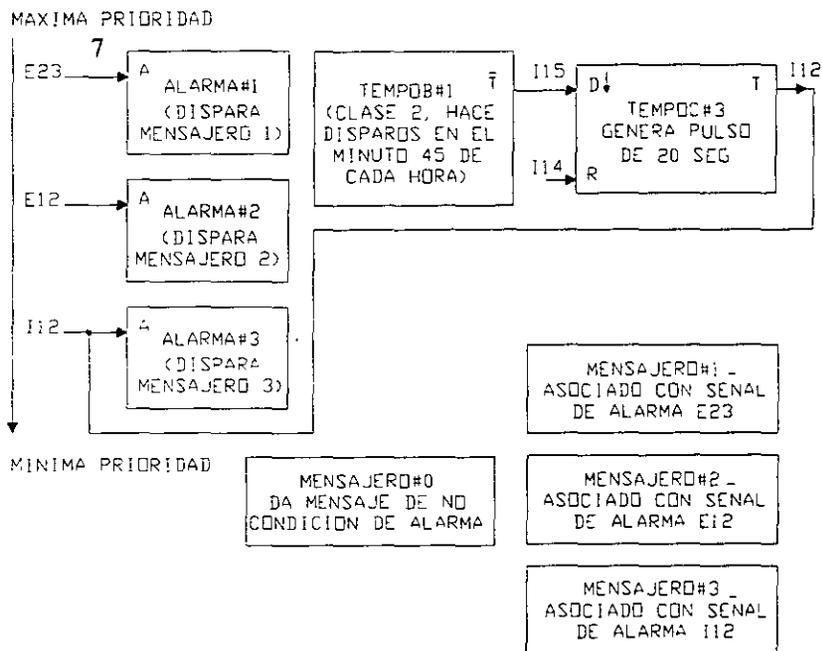


Figura 3.67 Arreglo de módulos empleado para realizar el bloque funcional dos (sistema de alarmas) del ejemplo 3.18.

Si a cada módulo de tipo alarma, se le asigna como número de mensajero asociado, el valor del orden de prioridad, el código asociado con el sistema de alarmas requerido, que debe ser parte del subprograma principal, es el que se muestra a continuación, véanse las secciones 3-5-14 y 3-6-2 de esta tesis.

```

ALARMA#1 E23, 1; Prioridad 1
ALARMA#2 E12, 1; Prioridad 2
ALARMA#3 I12, 1; Prioridad 3
TEMPOB#1 I15, 2, 1, 0;
## 45:00;

```

A continuación se muestra el código asociado con el sistema de alarmas, que debe ser parte del subprograma temporizado, véanse las secciones 3-5-10 y 3-6-1 de esta tesis.

```

MENSAJERO#2 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de
; alarma E12.
# Se ha oprimido el botón ligado con |
## la entrada E23 del PLM.
MENSAJERO#1 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de
; alarma E23.
# Se ha oprimido el botón ligado con la |
## entrada E23 del PLM.

```

```

MENSAJERO#3 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de
;                               alarma I12.
## Faltan quince minutos para la hora.
MENSAJERO#0 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje testigo de no condición de
;                               alarma.
# Operación normal, no se ha dado ninguna condición de alarma.
      TEMPOC#3 I15,I14,I12,00:00:20.00,001;

```

Nótese en la declaración del temporizador monodisparo empleado (TEMPOC#3) el que la entrada de RESET se verifica en alto y es la VBI I14, que no es empleada como salida de ningún otro módulo en el programa, esto hace que la misma permanezca en cero todo el tiempo, apareciendo para el usuario final este temporizador, como uno que tuviera solo una entrada activa (disparo).

Cabe recordar aquí, que cuando inicia la ejecución de un programa en el PLM, todas las variables booleanas son puestas a cero; por lo tanto, cualquier VBI o VBS permanecerá en cero todo el tiempo, siempre que la misma no sea empleada como salida de algún módulo del programa; este hecho puede ser de utilidad cuando se requiera tener una VB de referencia con un nivel permanente de cero lógico.

3.- Temporizador astable con periodo de un segundo y arranque en cero, con pulsos de 250 ms; la entrada de restablecimiento a este bloque debe ser la VBE E02, con nivel de verificación en bajo; la salida debe ser la VBS S05; en la figura 3.68 se muestra una posible implantación de este bloque, que emplea solamente a un módulo lógico de tipo temporizador astable, véase la sección 3-5-12 de esta tesis, la sintaxis correspondiente es:

```

TEMPOE#2 E02,S05,00 00 01.00,00 00 00.10,10;

```

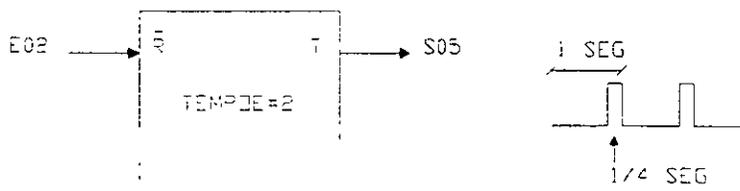


Figura 3.68 Módulo lógico que realiza el bloque funcional tres del ejemplo 3.18.

- Bloque funcional que genere en la salida S03, una señal repetitiva cuyo periodo básico

4

sea el mostrado en la figura 3.69, con una entrada de RESET verificada en bajo siendo la misma la VBE E03.

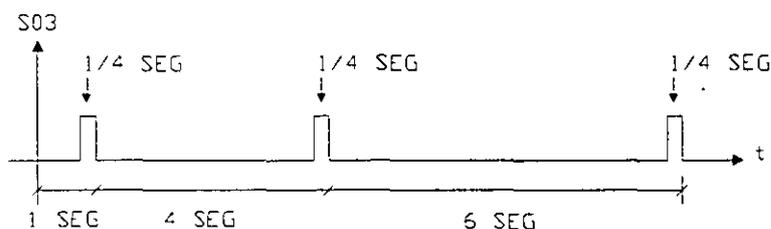


Figura 3.69 Periodo básico de la señal repetitiva que debe aparecer en la salida S03 al activarse en el PLM el bloque funcional 4 del ejemplo 3.18.

Este bloque funcional puede ser implantado con un arreglo de dos módulos lógicos interconectados, uno es un temporizador multipulso (TEMPOG#4) y el otro es un temporizador monodisparo (TEMPOC#5), el primero genera los tres pulsos requeridos en cada periodo básico de la señal requerida en la salida S03, el segundo genera un pulso de 0.5 seg verificado en bajo, cada vez que el temporizador multidisparo ha completado un periodo de la señal a generar, este pulso restablece al primer temporizador, repitiéndose esto indefinidamente, véase la figura 3.70; la sintaxis asociada con los módulos de este bloque funcional, véanse las secciones 3-5-10 y 3-5-13, es la que a continuación se muestra:

```

TEMPOG#4 I01, I01, S03, I00, 3, 00:00:00.50, 10010;
##      01.00, 04.00, 06.00;

TEMPOC#5 I00, E03, I01, 00:00:00.50, 110;

```

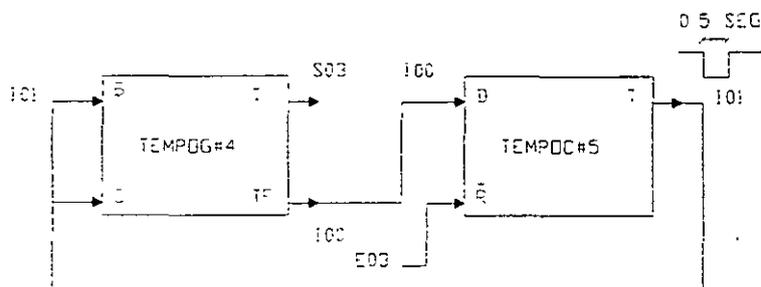


Figura 3.70 Arreglo de módulos lógicos interconectados para realizar el bloque funcional número cuatro del ejemplo 3.18.

El programa en SIIL1 asociado con este ejemplo, se denomina PEJ318 y para ser procesado por el software de traducción, debe ser guardado en un archivo de texto que podría ser denominado como PEJ318.SIL, la secuencia de sentencias que lo integran se muestra a continuación, mostrándose en negritas las declaraciones asociadas; nótese el empleo de los caracteres “;” y “\*”, que pueden ser empleados para delimitar comentarios.

```

***** PROGRAMA PEJ318 CORRESPONDIENTE AL EJEMPLO 3.18 *****
*
*          POR ANTONIO SALVÁ CALLEJA
*
*          JULIO DE 1998
*

CONFIG1; COMANDO QUE ESPECIFICA CONFIGURACIÓN DE FUNCIONAMIENTO
;
          DEL PLM.

INPROG; COMANDO QUE DELIMITA EL INICIO DEL PROGRAMA (INICIO DEL SPP).

* INICIO DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL DOS,
* QUE DEBEN SER PARTE DEL SUBPROGRAMA PRINCIPAL
ALARMA#1 E23, 1; Prioridad 1
ALARMA#2 E12, 1; Prioridad 2
          ALARMA#3 I12, 1; Prioridad 3
          TEMPOB#1 I15, 2, 1, 0;

## 45:00;
* FIN DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL DOS,
* QUE DEBEN SER PARTE DEL SUBPROGRAMA PRINCIPAL

* INICIO DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL UNO
AND4#1 E30,E31,E32,E33,I40,0000;
AND4#2 E30,E31,E32,E33,I41,0110;
AND4#3 E30,E31,E32,E33,I42,1111;
OR3#1 I40,I41,I42,S17,111;
* FIN DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL UNO

          DESP; DECLARACIÓN DE MÓDULO AUXILIAR DESP,QUE HABILITA A LA
;
          UD.
          FINPP; DECLARACIÓN DELIMITADORA DEL FIN DEL SUBPROGRAMA
;
          INMODI; DECLARACIÓN DELIMITADORA DEL INICIO DEL SUBPROGRAMA
;
          TEMPORIZADO

* INICIO DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL DOS,
* QUE DEBEN SER PARTE DEL SUBPROGRAMA TEMPORIZADO
MENSAJERO#2 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de
;
;
alarma E12.
# Se ha oprimido el botón ligado con |

## la entrada E23 del PLM.

          MENSAJERO#1 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de
;
;
alarma E23.

```

```

# Se ha oprimido el botón ligado con la |
## entrada E23 del PLM.
    MENSAJERO#3 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje asociado con la señal de
;
    alarma I12.
## Faltan quince minutos para la hora.
    MENSAJERO#0 "", 1, 10, 30, 1001; Mensaje testigo de no condición de
;
    alarma.
## Operación normal, no se ha dado ninguna condición de alarma.
; AQUI SIGUE DECLARACIÓN DE TEMPORIZADOR MONODISPARO, ACTIVADO POR EL
; TEMPORIZADOR TIPO GPRTR NÚMERO UNO (TEMPOB#1), EL CUAL A SU VEZ ACTIVA
; EL MENSAJE DE ALARMA QUE INDICA QUE FALTAN QUINCE MINUTOS PARA LA HORA.
    TEMPOC#3 I15, I14, I12, 00:00:20.00, 001;
* FIN DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL DOS, *
* QUE DEBEN SER PARTE DEL SUBPROGRAMA TEMPORIZADO *
* DECLARACIÓN DE MÓDULO LÓGICO ASOCIADO CON EL BLOQUE FUNCIONAL TRES *
    TEMPOE#2 E02, S05, 00 00 01.00, 00 00 00.10, 10;
* INICIO DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL CUATRO *
    TEMPOG#4 I01, I01, S03, I00, 3, 00:00:00.50, 10010;
##
    01.00, 04.00, 06.00;
    TEMPOC#5 I00, E03, I01, 00:00:02.10, 110;
* FIN DE SENTENCIAS ASOCIADAS CON EL BLOQUE FUNCIONAL CUATRO *
    MANDESP 3; DECLARACIÓN DEL MÓDULO AUXILIAR MANDESP, QUE PERMITE AL
;
; USUARIO, PROBAR UNO A UNO LOS CUATRO MÓDULOS MENSAJERO
; DE LA APLICACIÓN (0, 1, 2, 3), OPRIMIENDO SUCESIVAMENTE EL
; BOTÓN BAXD DEL BCLD.
    FINMODI; DECLARACIÓN QUE DELIMITA EL FINAL DEL SUBPROGRAMA
;
    TEMPORIZADO.

```

En la figura 3.71, se muestra un posible conexionado al PLM, para probar el funcionamiento de los cuatro bloques funcionales de este ejemplo.

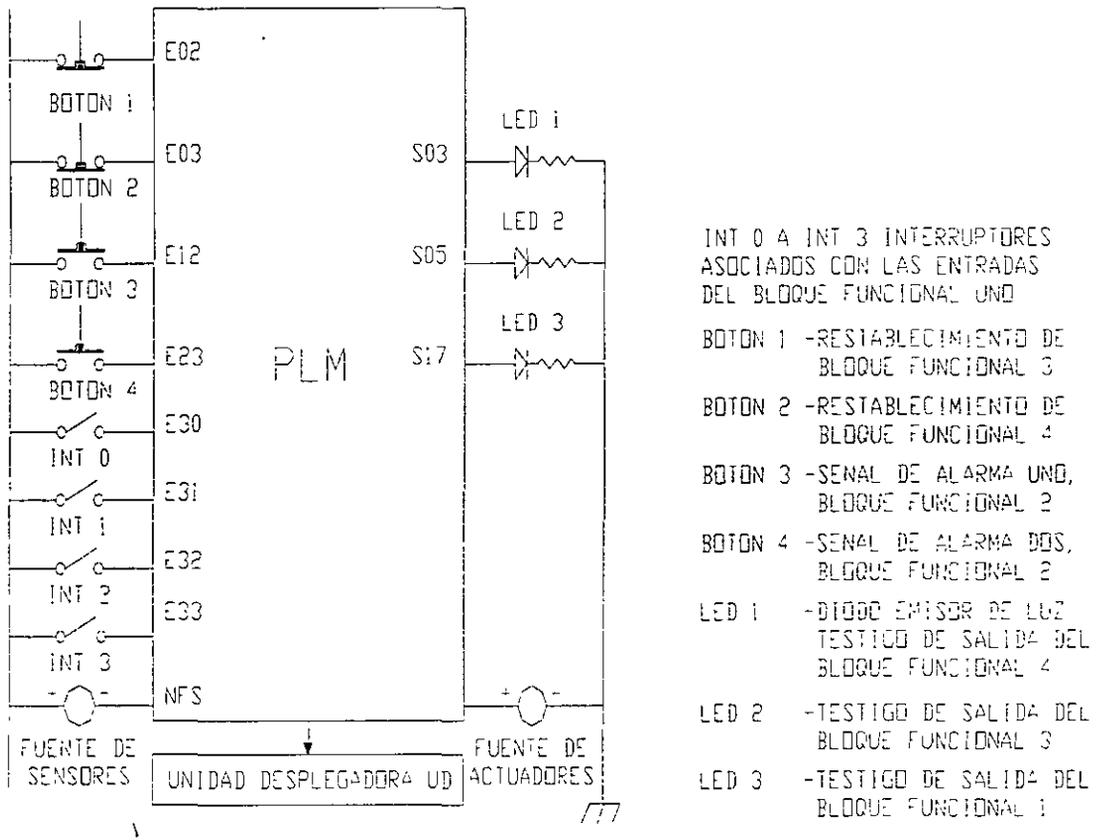


Figura 3.71 Conexionado al PLM para verificar el funcionamiento de los cuatro bloques funcionales del ejemplo 3.18, al ejecutarse en el mismo el programa objeto correspondiente al programa fuente en SIIL1 PEJ318.SIL.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSOS  
CA 141**

# **INSTRUMENTACION DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACION)**

**TEMA**

**LOGO  
Manual**

**M. en I. RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
PALACIO DE MINERIA  
FEBRERO DE 2003**

# 1 Presentación de LOGO!

## ¿ Qué es LOGO! ? –

LOGO! es el nuevo módulo lógico universal de Siemens.

LOGO! lleva integrados

- Control
- Unidad de operación y visualización
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de programa y cable de PC
- Ciertas funciones usuales en la práctica, p.ej. para activación/desactivación temporizada y relé de impulsos
- Reloj (LOGO! 230RC, LOGO! 230RCL, LOGO! 24RC)
- Determinadas entradas y salidas según el tipo del equipo

Mediante LOGO! se solucionan cometidos en la técnica de instalaciones en edificios (p.ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc.) y en la construcción de máquinas y aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de aguas residuales, etc.)

## ¿Qué tipos de equipo existen?

Se prevén las siguientes variantes de LOGO! tanto para 24 V como para 230 V:

- Variante estándar con 6 entradas y 4 salidas, integrada en 72 x 90 x 55 mm
- Variante “..L” con 12 entradas y 8 salidas, así como funciones ampliadas, integrada en 126 x 90 x 55 mm
- Variante “..LB11” con 12 entradas y 8 salidas, así como funciones ampliadas y conexión de bus adicional de interfaz AS, a través del que hay disponibles en el sistema bus otras 4 entradas y otras 4 salidas. Todo ello integrado en 126 x 90 x 55 mm.

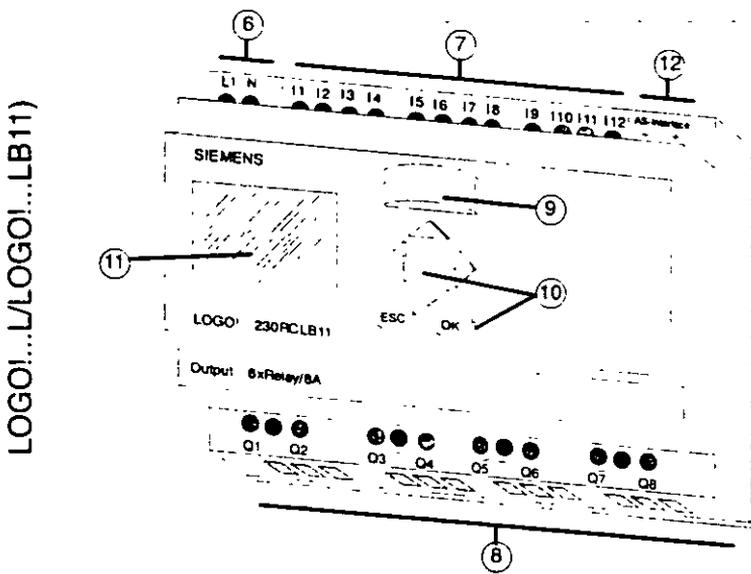
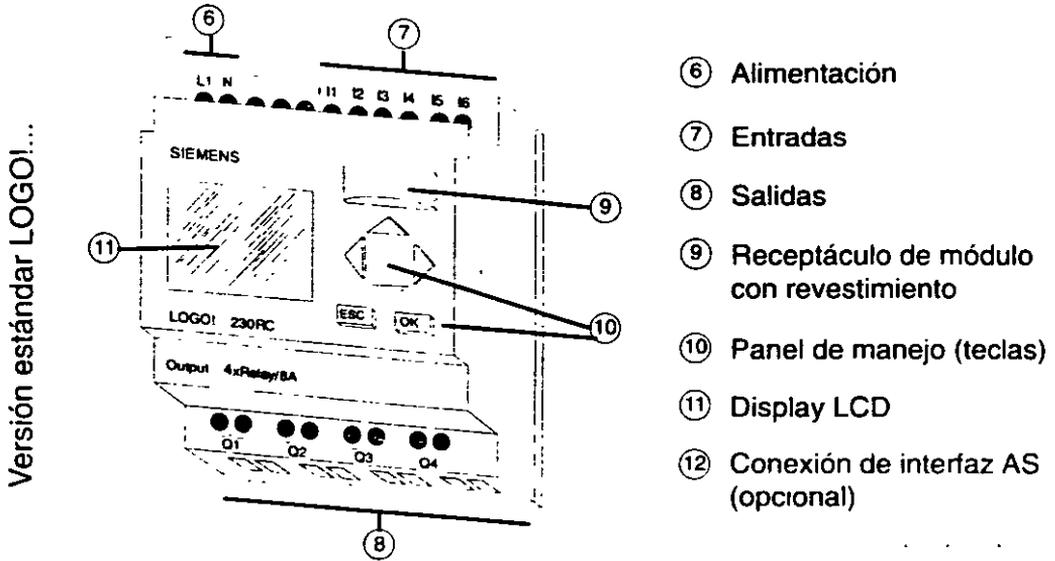
## Ud. tiene la elección

Las distintas variantes permiten la adaptación sumamente flexible a su aplicación especial.

## Presentación de LOGO!

LOGO! le ofrece soluciones que abarcan desde la pequeña instalación doméstica, pasando por cometidos de automatización pequeños, hasta las aplicaciones de gran envergadura con implementación del sistema bus de interfaz AS.

### Estructura de LOGO!



**Variantes**

Se prevén las siguientes de LOGO!:

Símbolo	Designación	Salidas de relé	Salidas de transistor	Reloj	Bus ASi
.. .....	LOGO! 230R	4 * 230 V; 8 A			
	LOGO! 230RC	4 * 230 V; 8 A		✓	
	LOGO! 24R	4 * 230 V; 8 A			
	LOGO! 24RC	4 * 230 V; 8 A		✓	
	LOGO! 24		4 * 24 V; 0.3 A		
.. .....	LOGO! 230RL	8 * 230 V; 10 A			
	LOGO! 230RCL	8 * 230 V; 10 A		✓	
	LOGO! 24RL	8 * 230 V; 10 A			
	LOGO! 24L		8 * 24 V; 0.3 A		
.. .....	LOGO! 230RLB11	8 * 230 V; 10 A			✓
	LOGO! 24RLB11	8 * 230 V; 10 A			✓
	LOGO! 24LB11		8 * 24 V; 0.3 A		✓

LOGO! está certificado según UL, CSA y FM. LOGO! lleva el símbolo CE, cumple las normas VDE 0631 e IEC 1131 y cuenta con supresión de radiointerferencias según EN 55011 (clase de valor límite B).

Homologación para construcción naval (ABS, BV, DNV, GL, LRS) obtenida o solicitada para las variantes de LOGO!...L....

Por consiguiente, LOGO! encuentra aplicación tanto en el sector industrial como en el doméstico.

### Identificación de LOGO!

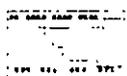
De la identificación de LOGO! pueden reconocerse diferentes propiedades del mismo:

- 24: Versión de 24 V c.c.
- 230: Versión de 115/230 V c.a.
- R: Salidas de relé
- C: Reloj de temporización semanal integrado
- L: Cantidad doble de entradas y salidas, así como funciones ampliadas
- B11: Esclavo con conexión de bus de interfaz AS

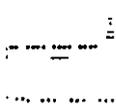
En el transcurso restante de esta descripción se utilizan pequeños pictogramas para identificar los tipos con funciones diferentes. Estos pictogramas aparecen cuando las informaciones sólo se refieren a una parte de las variantes de LOGO!:



Variante estándar con 6 entradas y 4 salidas, integrada en 72 x 90 x 55 mm



Variante "...L" con 12 entradas y 8 salidas, integrada en 126 x 90 x 55 mm



Variante "...LB11" con 12 entradas y 8 salidas, así como conexión de bus adicional de interfaz AS con 4 entradas virtuales y 4 salidas virtuales, integrada en 126 x 90 x 55 mm

Las indicaciones que conciernen sólo a las versiones "...C" o sólo a las versiones "...R" se identifican correspondientemente en el texto.

## 2 Montaje y cableado de LOGO!

### Generalidades

El montaje y el desmontaje se muestran a base de un gráfico de LOGO! 230RC. Las medidas que deben adoptarse rigen análogamente también para los demás módulos LOGO!.

LOGO! debe montarse en una caja de distribución o un armario de conexiones. Tras el montaje, los bornes deben quedar cubiertos para impedir con certeza que se toquen por descuido piezas de LOGO! bajo tensión.

LOGO! sólo podrá ser montado y cableado por un especialista cualificado que conozca y observe las reglas generales de la técnica, así como las prescripciones y normas vigentes en cada caso.

### Dimensiones

LOGO! tiene las dimensiones para equipos de instalación estipuladas en DIN 43880.

LOGO! debe montarse sobre un perfil normalizado de 35 mm de ancho según DIN EN 50022.

Anchura de LOGO!

- LOGO!: 72 mm de ancho, equivalente a 4 unidades de división (versión estándar)
- LOGO!...L: 126 mm de ancho, equivalente a 7 unidades de división
- LOGO!...LB11: 126 mm de ancho, equivalente a 7 unidades de división

## 2.1 Montar/desmontar LOGO!

### Montaje

Para montar LOGO! sobre un perfil normalizado:

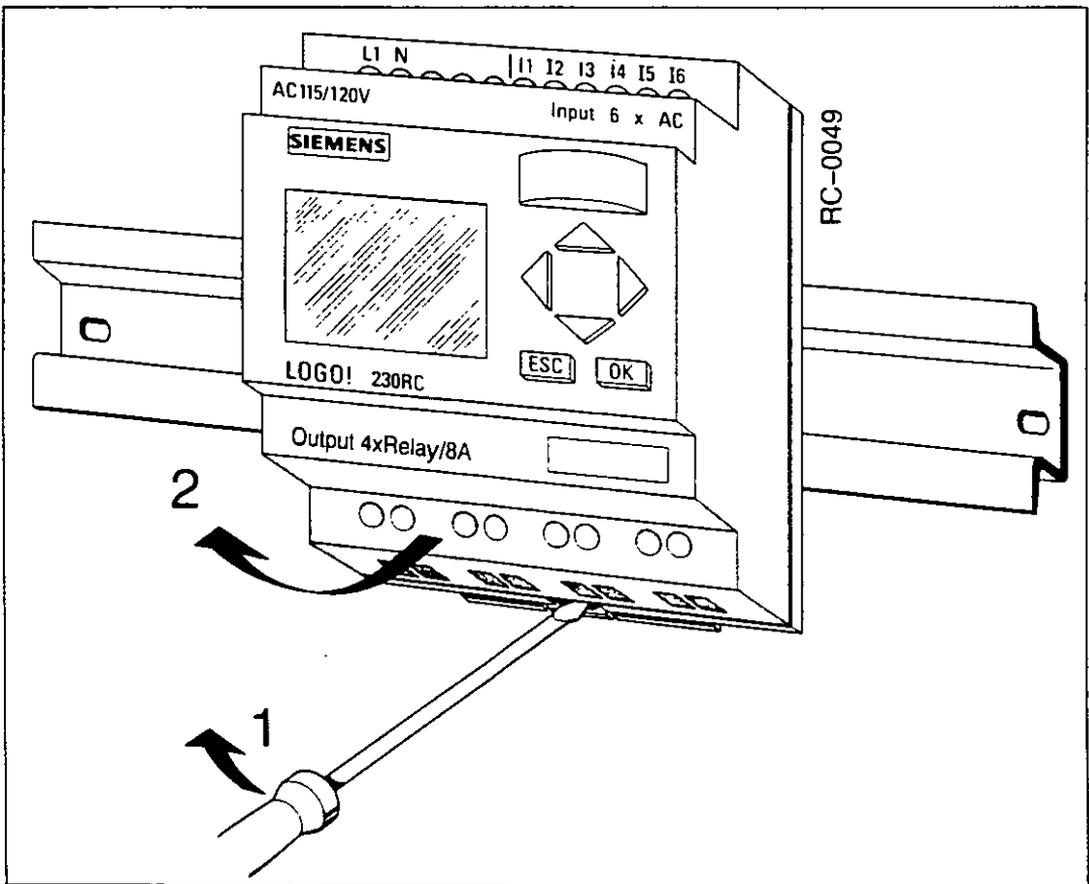
1. Colocar LOGO! sobre el perfil y
2. enganchar LOGO! sobre éste. Debe encajar el pestillo dispuesto en la parte posterior de LOGO!.

Según el tipo de perfil, el mecanismo de encaje puede estar a veces demasiado apretado. Si resultara muy difícil el enganche, es posible hacer retroceder algo el pestillo tal como se describe a continuación.

### Desmontaje

Para desmontar LOGO!:

1. Introducir un destornillador en el orificio del extremo inferior del pestillo (ver la figura) y tirar del pestillo hacia abajo.



2. Desenganchar LOGO! de la barra de sujeción.

## **2.2 Cablear LOGO!**

Para cablear LOGO!, utilizar un destornillador con ancho de pala de 3 mm.

Para los bornes no se requieren casquillos terminales, pudiendo utilizarse conductores con secciones de hasta:

- 1 x 2,5 mm<sup>2</sup>
- 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>

### **2.2.1 Conectar la alimentación**

Las variantes de LOGO! 230 son adecuadas para tensiones de red con valor nominal de 115 V y 230 V y las variantes de LOGO! 24 para tensiones de alimentación de 24 V c.c. Las tolerancias de tensión, frecuencias de red y consumos admisibles se especifican en los datos técnicos incluidos en el anexo A.

---

#### **Nota**

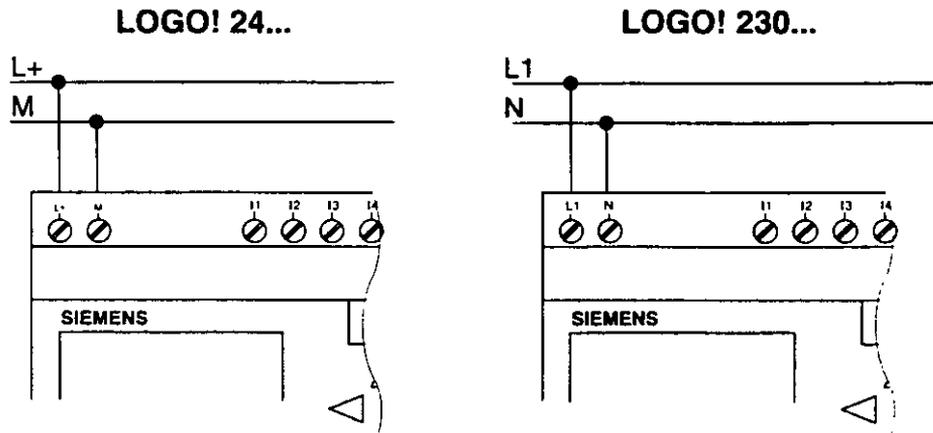
Si se opera tanto LOGO! como sus entradas con la misma tensión de alimentación, podría almacenarse un valor erróneo para las funciones remanentes debido al puenteo del corte de la tensión. En las funciones especiales controladas por flancos, se podría generar entonces eventualmente un flanco adicional tras reponerse la red.

Por consiguiente, hay que cerciorarse de que LOGO! y sus entradas sean alimentados por separado.

---

## Conexión

Para conectar LOGO! a la red:



---

## Nota

LOGO! es un equipo de conmutación con aislamiento protector, por lo que no cuenta con conexión de conductor de protección.

---

## 2.2.2 Conectar las entradas de LOGO!

### Condiciones

A las entradas se conectan sensores, los cuales pueden ser pulsadores, conmutadores, barreras luminosas, sensores de luminosidad, etc.

### Propiedades de los sensores para LOGO!

	LOGO! 230..	LOGO! 230L..	LOGO! 24..	LOGO! 24..L..
<b>Estado de conmutación 0</b>	< 40 V c.a.	< 40 V c.a.	< 5 V c.c.	< 5 V c.c.
Corriente de entrada		0.8 a 1.2 mA		< 1.5 mA
<b>Estado de conmutación 1</b>	>79 V c.a.	>79 V c.a.	> 15 V c.c.	> 12 V c.c.
Corriente de entrada	tip. 0,24 mA	tip. 2,5 mA	tip. 3 mA	tip. 5 mA
<b>Detectores de proximidad</b>	3 hilos 4 hilos	3 hilos 4 hilos	3 hilos 4 hilos	2 hilos 3 hilos 4 hilos
<b>Pulsadores con lámparas de efluvios</b>	si <sup>1</sup> / no <sup>2</sup>	si	—	—

<sup>1</sup> Lámparas de efluvios con corriente de reposo de hasta 0,2 mA

<sup>2</sup> Lámparas de efluvios con corriente de reposo >0,2 mA posible a través de un relé o con conductor N adicional para la lámpara de efluvios

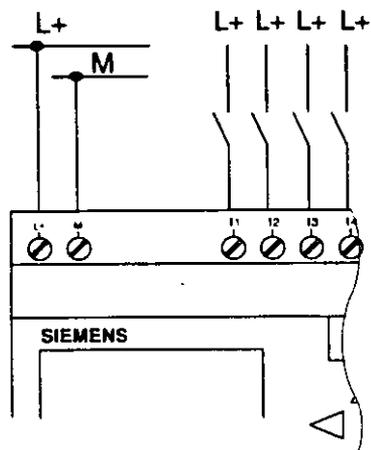
### Cambio del estado de conmutación 0 ⇒ 1 / 1 ⇒ 0

Al cambiar del estado de conmutación 0 al 1 y del estado 1 al 0 debe estar aplicado por lo menos 50 ms el estado de conmutación 1 ó el estado de conmutación 0, respectivamente, para que LOGO! reconozca el nuevo estado de conmutación.

### Conexión

Para conectar los sensores a LOGO!:

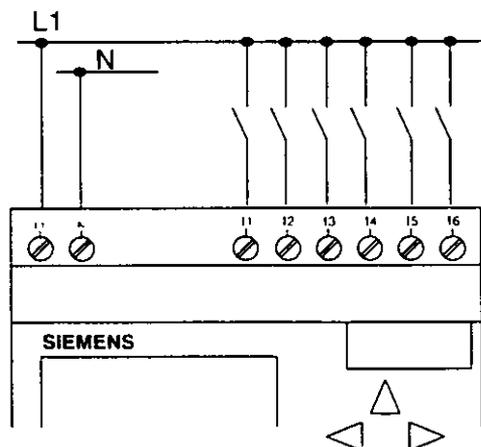
#### LOGO! 24 ...



#### LOGO! 24...

Las entradas de LOGO! 24... no poseen separación galvánica, por lo que requieren el mismo potencial de referencia (masa) que la tensión de alimentación.

#### LOGO! 230 ... (versión estándar)

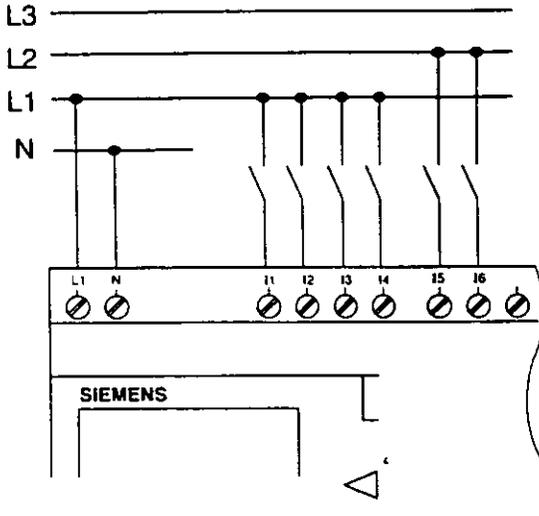


#### Precaución

En virtud de las prescripciones de seguridad vigentes (VDE 0110, ... e IEC 1131, .... así como UL y CSA), no es admisible conectar fases diferentes a las entradas de LOGO! 230R/RC.

---

**LOGO! 230 .. L...**



**LOGO! 230..L...**

Las entradas de LOGO! ...L... están combinadas en grupos de 4 entradas. Para dichos grupos rige lo mismo que para las entradas individuales de un LOGO! estándar. Sólo son posibles fases diferentes entre los distintos bloques.



**Precaución**

En virtud de las prescripciones de seguridad vigentes (VDE 0110, ... e IEC 1131, ..., así como UL y CSA), no es admisible conectar fases diferentes a un mismo bloque de entrada de LOGO! 230R/RCL.

## 2.2.3 Conectar las salidas

### LOGO! 230R... y LOGO! 24R...

Las salidas de LOGO! 230R... y LOGO! 24R... son relés. En los contactos de los relés está separado el potencial de la tensión de alimentación y de las entradas.

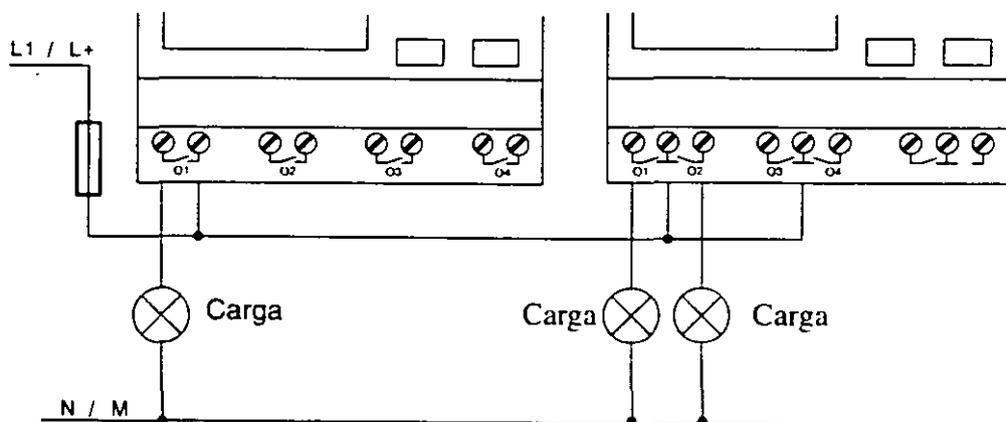
#### Condiciones para las salidas de relé

A las salidas puede conectarse distintas cargas, p.ej. lámparas, tubos fluorescentes, motores, contactores, etc. La carga conectada a LOGO! ...R... debe atenerse a las propiedades siguientes:

- La máxima corriente de conmutación depende de la carga y de la cantidad de maniobras deseadas. Para más detalles, véanse los datos técnicos.
- En el estado conectado ( $Q = 1$ ) puede circular como máximo una corriente de 8 amperios (10 A para LOGO!...RL...) en caso de carga óhmica y una de 2 amperios (3A para LOGO!...RL...) en caso de carga inductiva.

#### Conexión

Para conectar la carga a las variantes de LOGO! ...R.....:



Protección mediante fusible automático máx. 16 A, característica B16, p.ej.: interruptor de potencia 5SX2 116-6 (si se desea)

## LOGO! 24... con salidas de transistor

Las variantes de LOGO! 24... con salidas de transistor se reconocen por faltar la letra **R** en su designación de tipo. Las salidas están protegidas contra cortocircuitos y sobrecargas. No es necesario aplicar por separado la tensión de la carga, ya que LOGO! 24 asume la alimentación de esta tensión.

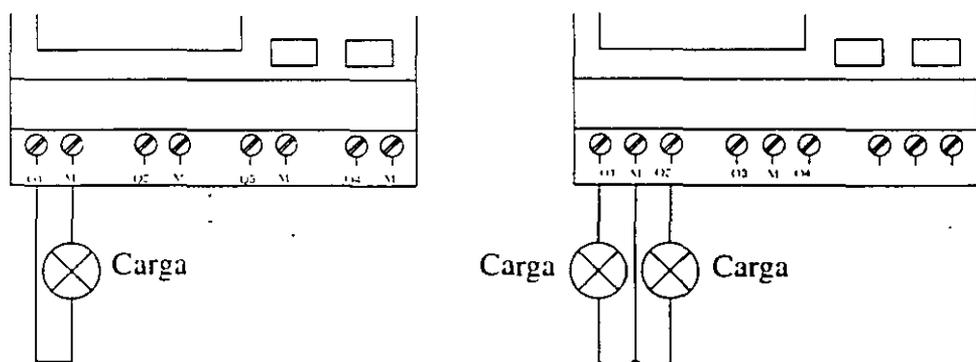
### Condiciones para las salidas de transistor

La carga conectada a LOGO! 24... debe atenerse a las propiedades siguientes:

- La máxima carga de conmutación es de 0,3 amperios por cada salida.
- En el estado conectado ( $Q = 1$ ) puede circular como máximo una corriente de 0,3 amperios.

### Conexión

Para conectar la carga a LOGO! 24:



Carga: 24 V c.c., 0,3 A máx..



## **2.2.4 Conexión del bus ASi (sólo LOGO! ...LB11)**

Este capítulo sólo es importante para Ud. si desea conectar LOGO! ...LB11 al bus ASi.

### **LOGO!...LB11**

Es posible implementar LOGO! ...LB11 en una red como esclavo ASi. A través de un conductor bifilar puede Ud. entonces

- introducir y procesar 4 entradas adicionales a través del bus ASi
- operar 4 salidas adicionales hacia un maestro superpuesto del bus ASi

La configuración de LOGO! ...LB11 en el bus ASi se lleva a cabo mediante el maestro ASi utilizado por Ud.

### **Condiciones para la operación con un maestro ASi**

Téngase en cuenta que LOGO! ...LB11 debe estar dado de alta en el sistema ASi, es decir, que LOGO! recibe una dirección del maestro del bus. En el apartado 2.2.5 se describe cómo es posible esto mediante LOGO!.



#### **Cuidado**

La dirección ASi para todas las variantes de LOGO! ...LB11 puede modificarse por lo menos 10 veces.

No se garantizan otras modificaciones.

---

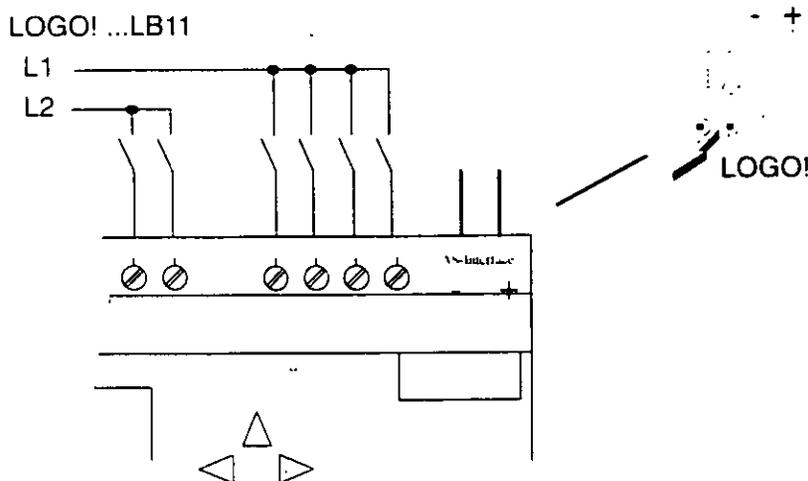
### **Conector de bus**

Utilice para la conexión el conector de bus estándar que se adjunta en el embalaje.

## Conexión

Enlace el cable de conexión de bus con un enchufe homologado para el sistema. Cerciórese de que la polaridad es correcta.

A continuación, enchufe el conector cableado en el interfaz identificado mediante **AS-Interface**.



### 2.2.5 LOGO! ...LB11 en el bus ASi

A fin de poder aprovechar las funciones ASi, el maestro del bus debe conocer a LOGO! ...LB11. Ello sucede al enlazar LOGO! ...LB11 con el conductor del bus. El maestro reconoce la dirección del esclavo.

LOGO! ...LB11 lleva ajustada de fábrica la dirección = 0. El maestro adjudica una nueva dirección diferente a 0.

Si en el sistema no existen conflictos de direcciones o bien sólo hay enchufado un esclavo con la dirección 0, no se requieren otras operaciones de su parte.

---

#### Nota

Si enlaza Ud. varios módulos esclavos (p.ej., LOGO! ...LB11) a la vez con el bus, observe lo indicado en el anexo B.

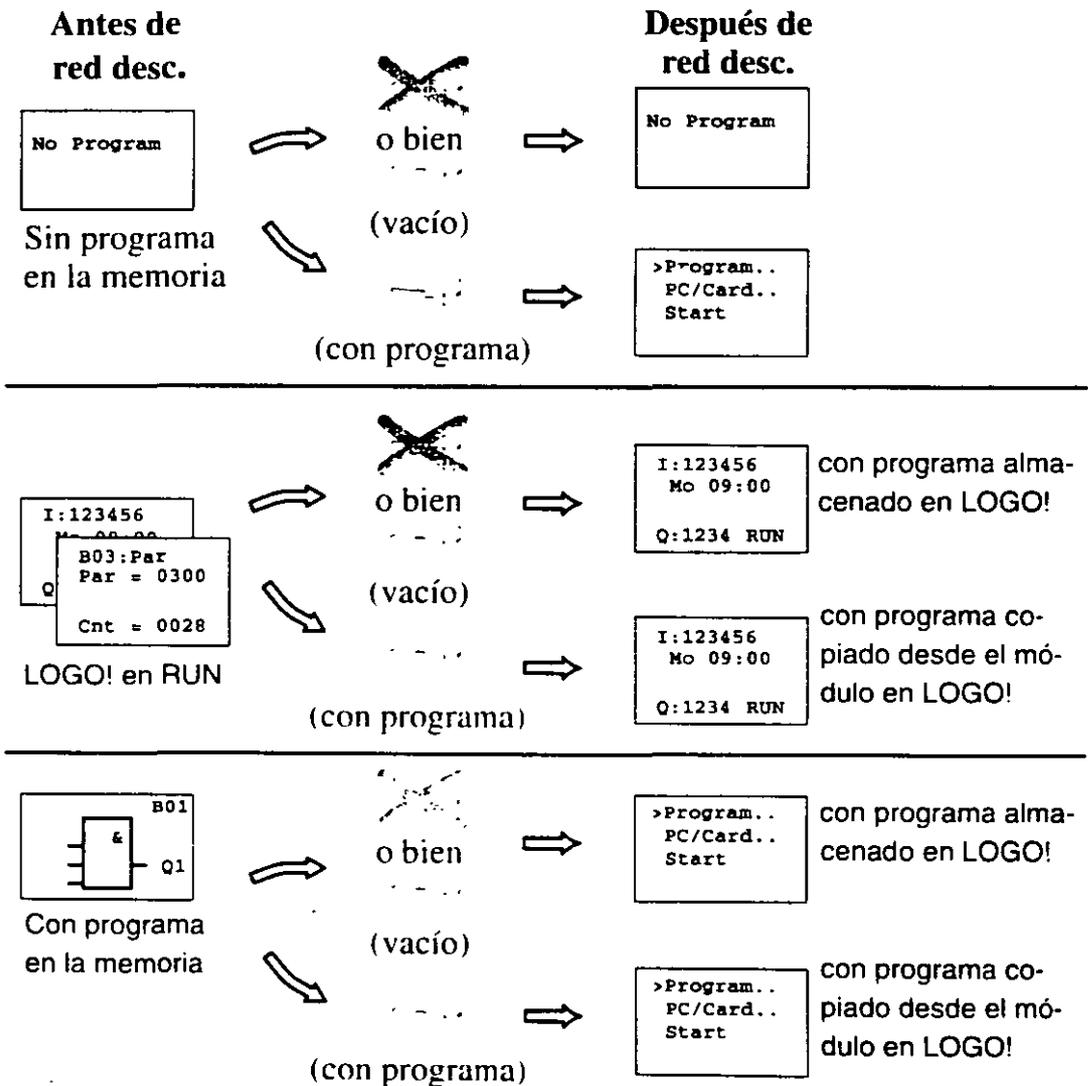
---

## 2.3 Conectar LOGO!/reposición de la red

LOGO! no cuenta con interruptor de red. La reacción de LOGO! a la conexión varía según:

- si hay almacenado un programa en LOGO!,
- si hay insertado un módulo de programa
- el estado en que se hallaba LOGO! antes de desconectarse la red.

A continuación se describe la reacción de LOGO! durante las situaciones posibles:



He aquí 5 reglas sencillas para comprender el arranque de LOGO!:

1. Si no hay ningún programa en LOGO! ni en el módulo de programa insertado, LOGO! visualiza: No Program
2. Si el módulo de programa contiene un programa, es copiado éste automáticamente en LOGO!, sobrescribiéndose el programa que hubiera en LOGO!.
3. Si existe un programa en LOGO! o en el módulo de programa, LOGO! pasa al estado de servicio que ocupaba antes de desconectarse la red.
4. Si Ud. utiliza una variante de LOGO!...L con módulo rojo o amarillo y se ha activada la remanencia para una función por lo menos o bien se prevé una función con remanencia activada continuamente, se conservan sus valores actuales tras desconectarse la red.
5. En las demás variantes, son repuestos los tiempos y los valores de cómputo al desconectarse la red, pero el programa se conserva almacenado a prueba de cortes de la red.

---

### Nota

Si durante la introducción de un programa se presenta un corte de red, se borra el programa en LOGO! tras reponerse la red.

Por ello, conviene proteger el programa original antes de modificarlo en un módulo de programa (tarjeta).

---

### Estados de servicio de LOGO!

En LOGO! se prevén dos estados de servicio: STOP y RUN

LOGO! en estado STOP	LOGO! en estado RUN
Si se visualiza en el display 'No Program' o bien al conectarse LOGO! a la clase de servicio 'Programación'	Si se visualiza en el display la máscara para observar las entradas y salidas (tras START en el menú principal) o bien al conectarse LOGO! a la clase de servicio 'Parametrización'
Acciones de LOGO!: <ul style="list-style-type: none"><li>• no son leídas las entradas,</li><li>• no es procesado el programa y</li><li>• están siempre abiertos los contactos de relé o desconectadas las salidas de transistor</li></ul>	Acciones de LOGO!: <ul style="list-style-type: none"><li>• LOGO! lee el estado de las entradas,</li><li>• LOGO! calcula mediante el programa el estado de las salidas y</li><li>• LOGO! activa o desactiva los relés/salidas de transistor</li></ul>

# 3 Programación de LOGO!

## Primeros pasos con LOGO!

Se entiende aquí por programación la introducción de un circuito. Un programa LOGO! equivale sencillamente a un esquema de circuitos, pero representado de manera algo diferente.

La representación se ha adaptado al cuadro de visualización de LOGO!. En el presente capítulo se expone cómo puede Ud. convertir mediante LOGO! sus aplicaciones en programas LOGO!.

En la primera parte del capítulo se describe la manera de operar con LOGO! a base de un pequeño ejemplo.

- Primeramente se explican los dos conceptos fundamentales **borne** y **bloque** y todo lo relacionado con los mismos.
- En un segundo paso aprenderemos conjuntamente a desarrollar un programa a partir de un circuito convencional sencillo.
- En el tercer paso se le indica a Ud. cómo puede introducir el programa directamente en LOGO!.

Tras haber leído unas pocas páginas de este manual, ya contará Ud. en LOGO! con un programa ejecutable. Mediante el hardware adecuado (conmutadores...), podrá Ud. entonces efectuar las primeras pruebas.

## ¿Qué otros temas se tratan aquí?

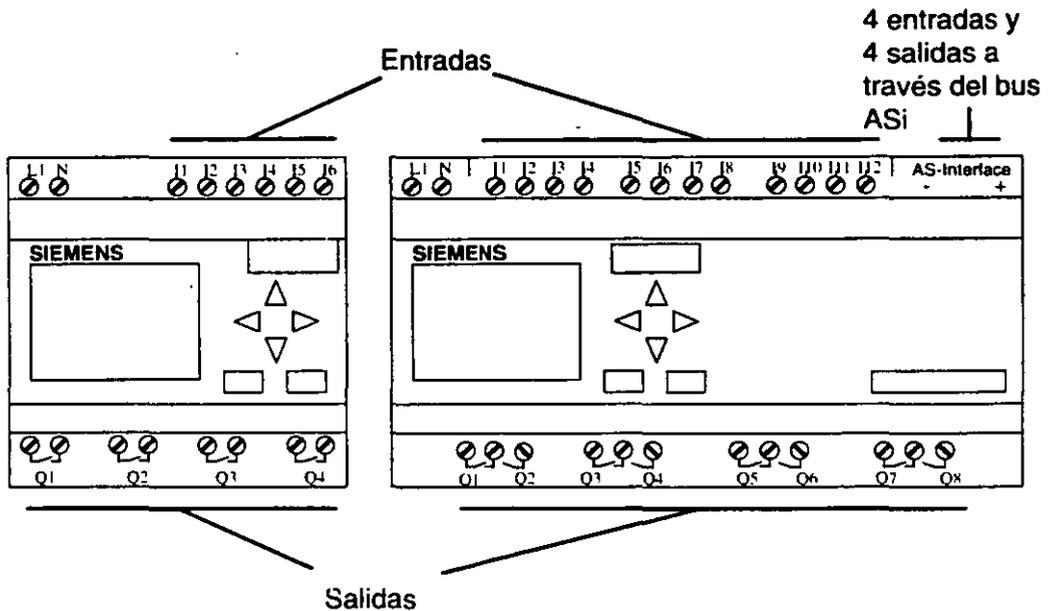
En el transcurso restante del capítulo amplía Ud. su primer programa y aprenderá algunas habilidades para el procesamiento de un programa ya existente.

En la tercera y última parte del capítulo se presenta el LOGO! completo. Aquí se describen:

- todas las funciones de LOGO!
- introducción en la estructura de menús de LOGO!

### 3.1 Bornes

LOGO! cuenta con entradas y salidas:



Las entradas se designan con la letra I y una cifra. Visto LOGO! por delante, los bornes para las entradas aparecen arriba.

Las salidas se designan con la letra Q y una cifra. Los bornes de las salidas se hallan en la parte inferior.

#### Nota

Las entradas y salidas disponibles en LOGO! ...LB11 a través de la conexión de bus de interfaz AS no son entradas físicas directas a LOGO!.

Téngase en cuenta que el maestro del bus determina los equipos de entrada y salida en el bus ASi.

## Bornes de LOGO!

### Nota

El término inglés para borne es Connector. Más adelante hallará Ud. la abreviatura CO al programar circuitos en LOGO!.

Se entiende por borne a todas las conexiones y estados que encuentran aplicación en LOGO!.

Las entradas y las salidas pueden tener el estado '0' o el estado '1'. Como es sabido, el estado '0' significa que la entrada no lleva aplicada tensión y el estado '1' que hay aplicada tensión.

Hemos previsto los bornes hi, lo y x para facilitar la entrada de la programación. 'hi' (high) lleva asignado fijamente el estado '1' y 'lo' (low) el estado '0'.

Si no se desea cablear la entrada de un bloque, debe utilizarse el borne 'x'. En la página siguiente se explica qué significa exactamente un bloque.

LOGO! conoce los bornes siguientes:

Bornes			
Entradas	I1 a I16	I1 a I12	I1 a I12, así como I1a1 a I1a4 (interfaz AS)
Salidas	Q1 a Q4	Q1 a Q8	Q1 a Q8, así como Q1a1 a Q1a4 (interfaz AS)
lo	Señal con nivel '0' (desc.)		
hi	Señal con nivel '1' (con.)		
x	Terminal existente no utilizado		

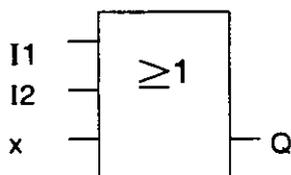
## 3.2 Bloques y números de bloque

Un bloque es en LOGO! una función que convierte informaciones de entrada en informaciones de salida. Antes tenía Ud. que cablear los distintos elementos en el armario de conexiones o en la caja de distribución.

En la programación se enlazan bornes con bloques. A tal efecto, basta con elegir la conexión deseada en el menú **Co**. Este menú se denomina **Co** basándose en el término inglés Connector (borne).

Los bloques más sencillos son combinaciones lógicas:

- Y
- O
- ...



Aquí, las entradas I1 e I2 están conectadas al bloque O. La última entrada del bloque no se utiliza, identificándose por ello mediante x.

Bastante más eficientes son las funciones especiales:

- Relé de impulsos
- Contador
- Retardo de activación
- ....

A partir del apartado 3.7, encontrará Ud. una lista completa de las funciones de LOGO!.

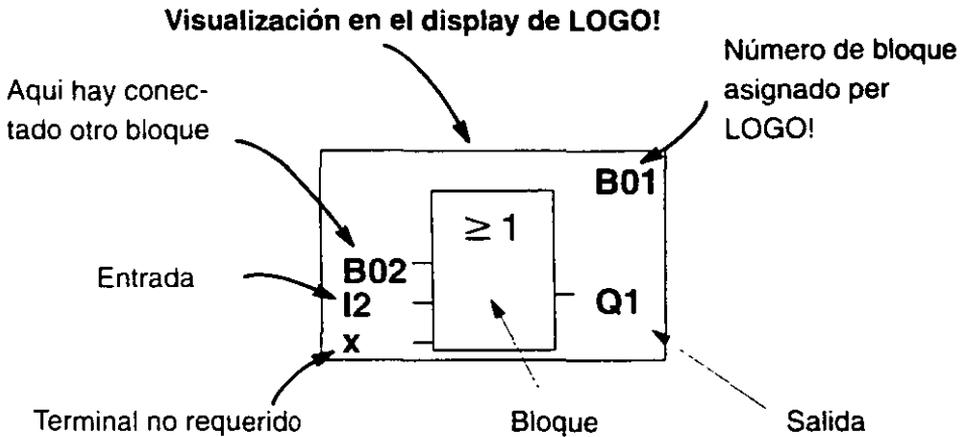
En este capítulo se describe cómo puede Ud. generar circuitos complejos mediante los elementos de LOGO! y cómo están combinados los bloques entre sí y con las entradas y salidas.

Observe a tal efecto el próximo apartado 3.3. donde se expone la manera de convertir un circuito convencional en un programa LOGO!.

Pero ante todo debería Ud. leer las informaciones concernientes a los números de bloque.

## Representación de un bloque en el display de LOGO!

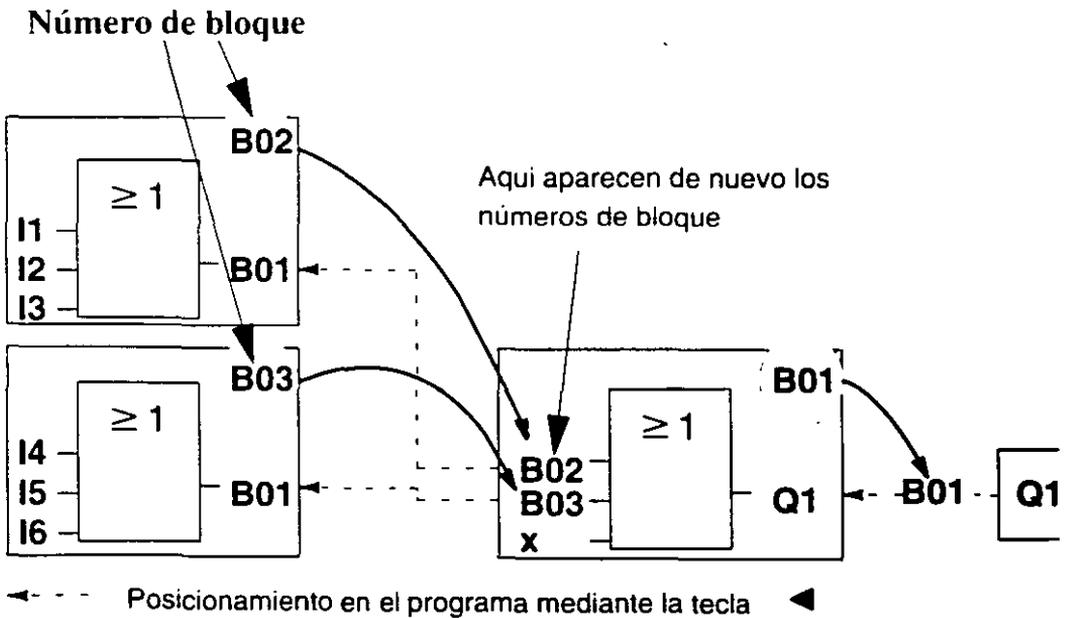
A continuación se muestra una visualización típica en el display de LOGO!. Se ve aquí que sólo puede representarse cada vez un bloque. Debido a ello, hemos previsto los números de bloque para ayudarle a Ud. a controlar un circuito en conjunto.



## Asignación de un número de bloque

Cada vez que se intercala un bloque en un programa, LOGO! adjudica un número a ese bloque.

A través del número de bloque, LOGO! muestra la relación existente entre los bloques. Es decir, que los números de bloque sirven primero únicamente para su orientación en el programa.



En el diagrama general se ven tres representaciones en el display de LOGO!, que constituyen en conjunto el programa. Ud. puede ver cómo LOGO! relaciona los bloques entre sí a través de sus números.

Pero los números de bloque tienen aún otra ventaja, que Ud. puede aprovechar: A través de su número de bloque, es posible añadir casi cualquier bloque a una entrada del bloque actual. De esta manera, pueden utilizarse repetidas veces los resultados intermedios de relaciones lógicas u otras operaciones. Con ello se ahorra trabajo y capacidad de memoria, a la vez que su circuito resulta más transparente. En dicho caso, tiene Ud. que saber cómo se denominaron los bloques de LOGO!.

---

### **Nota**

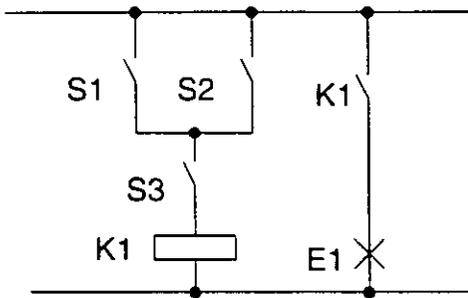
Para racionalizar el trabajo, conviene que confeccione un diagrama de conjunto del programa, el cual le facilita a Ud. la generación del programa. En dicho diagrama podría Ud. entonces anotar los números de bloque asignados por LOGO!.

---

### 3.3 Del esquema de circuitos a LOGO!

#### Representación de un circuito en el esquema de circuitos

Seguramente que ya le es conocida la representación de un circuito en el esquema de circuitos. He aquí un ejemplo:

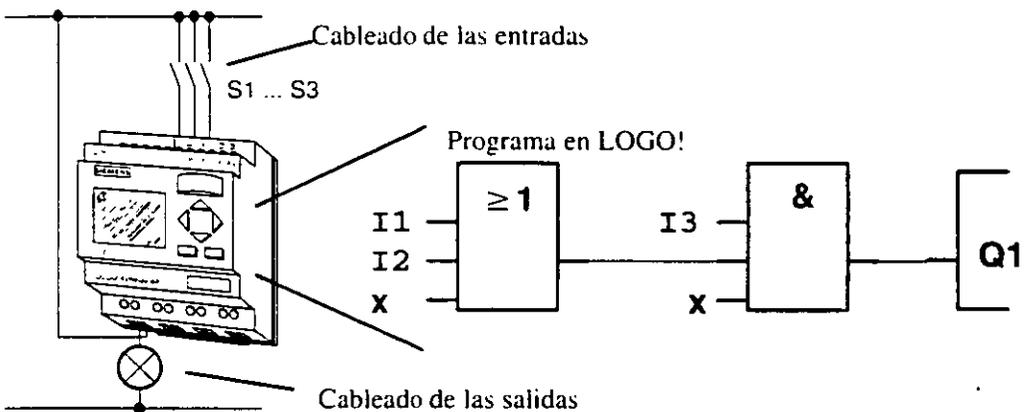


El consumidor E1 es activado y desactivado a través del interruptor (S1 O S2) Y S3 (O = OR; Y = AND).

Se excita el relé K1 al cerrarse S1 ó S2 y además S3.

#### Realización del circuito mediante LOGO!

En LOGO! se realiza un circuito interconectando bloques y bornes:

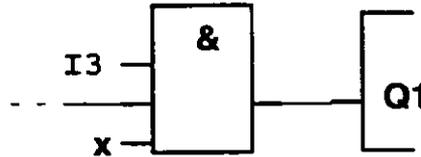


Para convertir un circuito en LOGO!, debe Ud. comenzar por la salida del circuito.

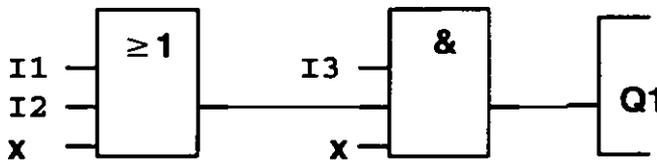
La salida es la carga o el relé que debe efectuar la conmutación.

El circuito es convertido en bloques. A tal efecto, debe Ud. procesar el circuito desde la salida hasta la entrada.

Paso 1: La salida Q1 va seguida de una conexión en serie del contacto de cierre S3 con otro elemento del circuito. Esta conexión en serie equivale a un bloque Y:



Paso 2: S1 y S2 están conectados en paralelo. Esta conexión en paralelo equivale a un bloque O:



Con ello se ha descrito íntegramente el circuito para LOGO!. Por último, cierre las entradas y las salidas en LOGO!.

### Cableado

Conecte Ud. los interruptores S1 a S3 a los bornes a tornillo de LOGO!:

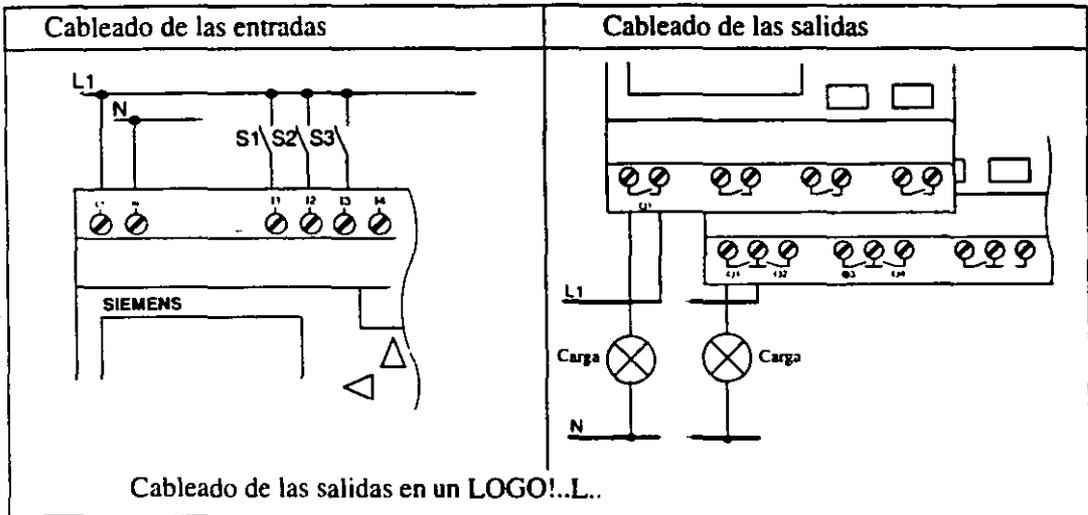
- S1 al borne I1 de LOGO!
- S2 al borne I2 de LOGO!
- S3 al borne I3 de LOGO!

Dado que sólo se utilizan 2 entradas del bloque O, es necesario identificar la tercera entrada del bloque O como no utilizada. A tal efecto, sirve la x en la entrada.

De igual manera, sólo se utilizan 2 entradas del bloque Y, por lo que se identifica la tercera entrada como 'no utilizada' mediante x.

La salida del bloque Y controla el relé en la salida Q1. El consumidor E1 está conectado a la salida Q1.

En la tabla siguiente se muestra el cableado basándose en una variante de 230 V de LOGO!.



### Pasos restantes

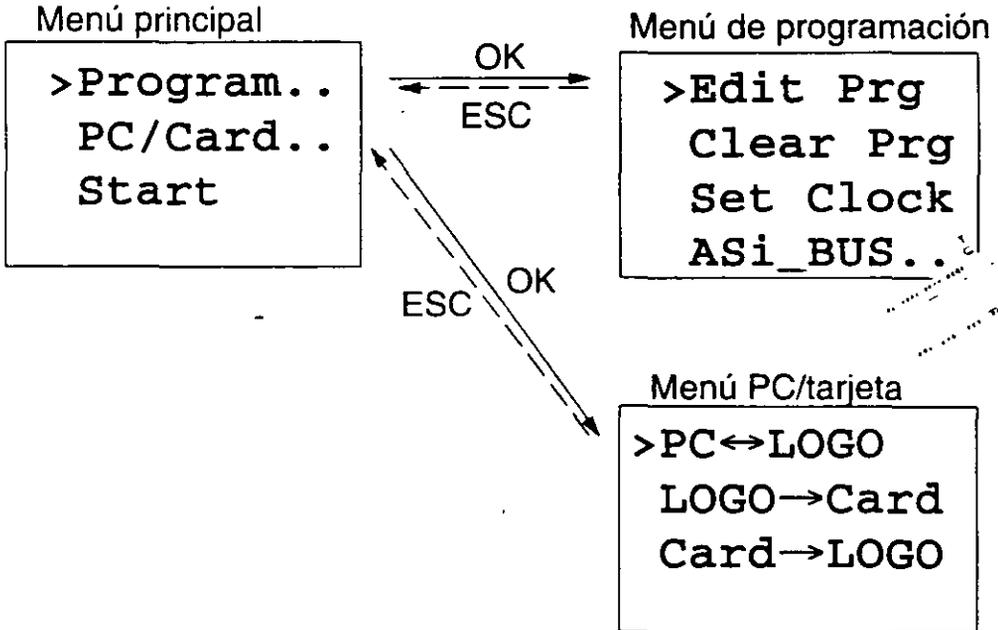
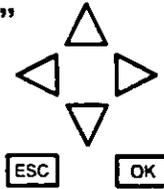
Antes de introducir conjuntamente su primer programa, le presentamos las 4 reglas más importantes para operar con LOGO!.

## 3.4 4 reglas fundamentales para operar con LOGO!

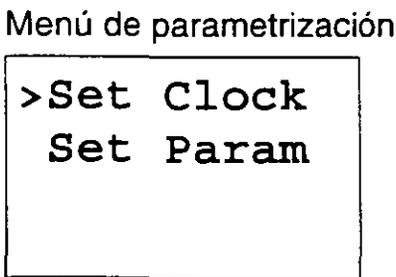
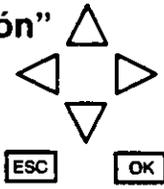
<p><b>Regla 1 — Pulsación simultánea</b> </p> <p>Los circuitos se introducen en el modo de servicio "Programación". A este modo de servicio se llega pulsando las 3 teclas ◀, ▶ y OK simultáneamente.</p> <p>Los valores de los tiempos y parámetros se modifican en el modo de servicio "Parametrización". A este modo de servicio se llega pulsando las 2 teclas ESC y OK simultáneamente.</p>
<p><b>Regla 2 — Desde la salida hacia la entrada</b></p> <p>Cada circuito debe introducirse siempre: Desde la salida hacia la entrada</p>
<p><b>Regla 3 — Cursor y posicionamiento del cursor</b></p> <p>Para introducir un circuito rige lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Si el cursor se representa subrayado,<ul style="list-style-type: none"><li>– pulsar las teclas ◀, ▶, ▼ o ▲ para posicionar el cursor dentro del circuito</li><li>– cambiar a "elegir borne/bloque" pulsando OK</li><li>– terminar la introducción del circuito pulsando ESC</li></ul></li><li>• Si el cursor se representa enmarcado,<ul style="list-style-type: none"><li>– se deben pulsar las teclas ▼ o ▲ para elegir borne/bloque</li><li>– confirmar la elección pulsando OK</li><li>– retroceder un paso pulsando ESC</li></ul></li></ul>
<p><b>Regla 4 — Planificación</b></p> <p>Antes de introducir un circuito, debería Ud. dibujarlo íntegramente en papel.</p> <p>LOGO! sólo puede almacenar programas completos. Si Ud. introduce un programa incompleto, LOGO! no puede salir de la clase de servicio <b>Programación</b>.</p>

### 3.5 Vista general de los menús de LOGO!

Clase de servicio "Programación"



Clase de servicio "Parametrización"

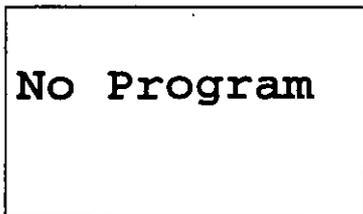


## 3.6 Introducción y arranque del programa

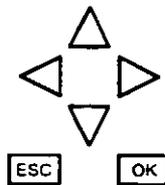
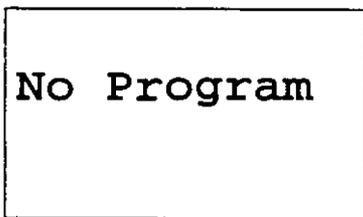
Si una vez diseñado un circuito, desea introducirse el mismo en LOGO!, procédase conforme al ejemplo siguiente.

### 3.6.1 Conmutación a la clase de servicio "Programación"

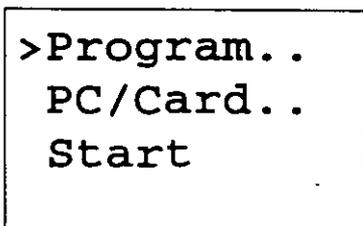
Se ha conectado LOGO! a la red y aplicado tensión al mismo. En el display se visualiza ahora lo siguiente:



Conmutar LOGO! a la clase de servicio "Programación". A tal efecto, pulsar las teclas ◀, ▶ y OK simultáneamente.



Para que nadie pase al modo de servicio "Programación" por descuido, es necesario pulsar estas 3 teclas simultáneamente. Entonces aparece el menú principal de LOGO!:



Menú principal de LOGO!

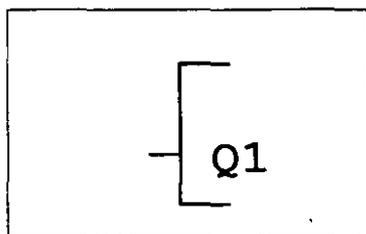
Delante de la primera línea aparece un ">". Pulsando las teclas ▲ y ▼ se desplaza el ">" verticalmente. Posicionar el ">" en "Program.." y pulsar la tecla OK. LOGO! se conmuta al menú de programación:

```
>Edit Prg
Clear Prg
Set Clock
ASi-Bus..
```

Menú de programación de LOGO!

El registro ASi-Bus aparece sólo en las variantes de LOGO!...LB11.

Aquí también puede desplazarse el ">" mediante las teclas ▲ y ▼. Posicionar el ">" en "Edit Prg" (edición, es decir, introducción de programa) y pulsar la tecla OK. LOGO! visualiza ahora la primera salida:

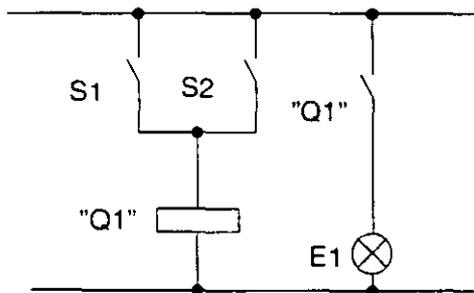


Primera salida de LOGO!

Mediante las teclas ▲ y ▼ pueden elegirse las demás salidas. Ahora empieza la introducción del circuito.

### 3.6.2 Primer programa

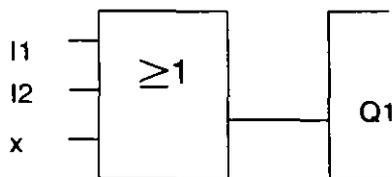
Considérese el circuito indicado a continuación, formado por una conexión en paralelo de dos interruptores. En el esquema el circuito tiene el aspecto siguiente:



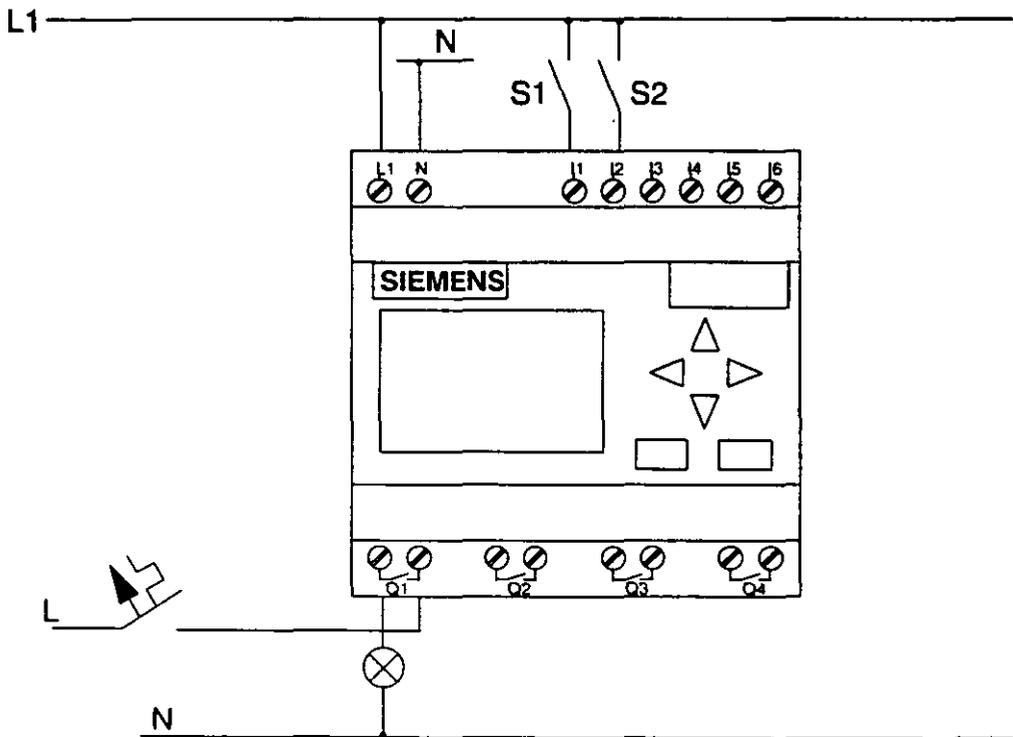
El interruptor S1 ó S2 conectan el consumidor. Para LOGO!, la conexión en paralelo de los interruptores es una función O, porque el interruptor S1 ó S2 activan la salida.

Traducido al programa LOGO! significa esto que el relé K1 (Q1 en LOGO!) es controlado por un bloque O. La entrada del bloque O va seguida de I1 e I2, estando conectados S1 a I1 y S2 a I2.

En LOGO! el programa tiene entonces el aspecto siguiente:



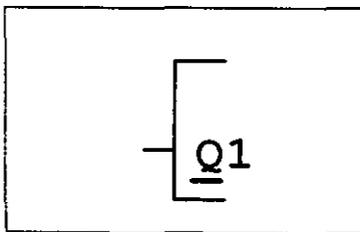
He aquí el cableado correspondiente:



El interruptor S1 actúa sobre la entrada I1 y el interruptor S2 sobre la entrada I2. El consumidor está conectado al relé Q1.

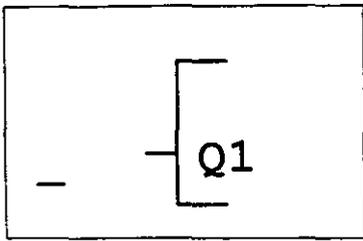
### 3.6.3 Introducción del programa

Introducir ahora el programa (desde la salida a la entrada, como se indicó anteriormente). Al principio, LOGO! visualiza la salida:



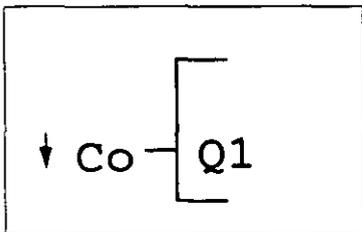
Primera salida de LOGO!

La letra Q de Q1 está subrayada, denominándose esto **Cursor** subrayado. El cursor muestra la respectiva posición actual en el programa, y se puede desplazar mediante las teclas ▲, ▼, ◀ y ▶. Pulsar ahora la tecla ◀. El cursor se desplaza hacia la izquierda.



El cursor muestra la respectiva posición actual en el programa.

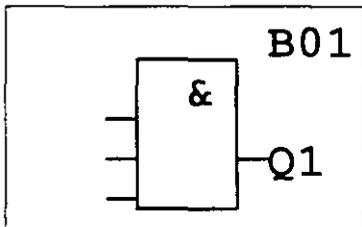
Introducir ahora aquí el primer bloque (bloque O). Pasar al modo de introducción pulsando la tecla **OK**.



El cursor se representa enmarcado: Ahora puede elegirse un borne o un bloque.

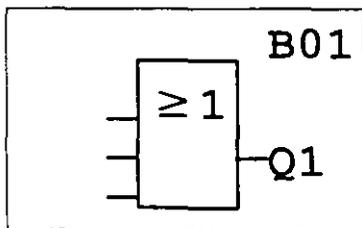
El cursor ya no es del tipo subrayado, sino que está enmarcado y parpadea. Al mismo tiempo, LOGO! ofrece la primera lista para la elección. En el apartado 3.7 se explica qué es una lista.

Elegir la lista GF (pulsando la tecla ▼ hasta que aparece GF) y pulsar la tecla **OK**. LOGO! muestra ahora el primer bloque de la lista de funciones básicas:



El primer bloque de la lista de funciones básicas es el Y. El cursor enmarcado indica que debe elegirse un bloque.

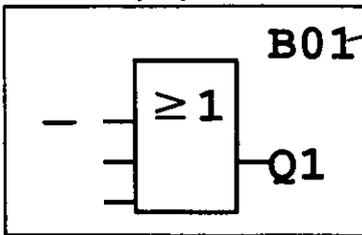
Pulsar ahora la tecla ▲ o ▼, hasta que en el display aparece el bloque O:



El cursor sigue hallándose en el bloque y está enmarcado.

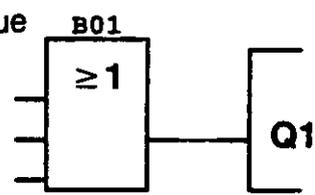
Pulsar ahora la tecla **OK** para concluir la elección.

En el display aparece



Número de bloque

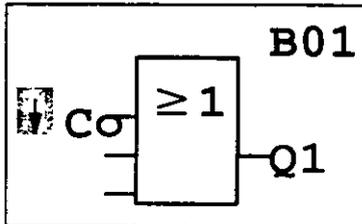
Representación del programa entero en LOGO!



Así se ha introducido el primer bloque. A cada bloque introducido se le asigna un número, denominado número de bloque. Ahora ya sólo es necesario cablear las entradas del bloque tal como sigue:

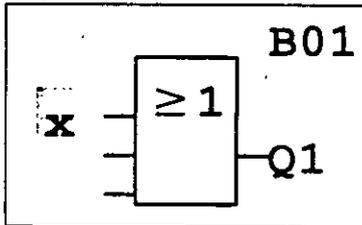
Pulsar la tecla **OK**:

En el display aparece

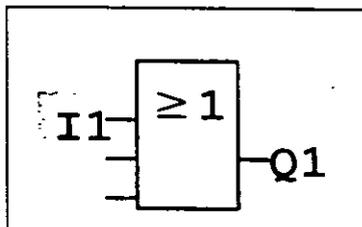


Elegir la lista "Co" pulsando la tecla **OK**.

En el display aparece

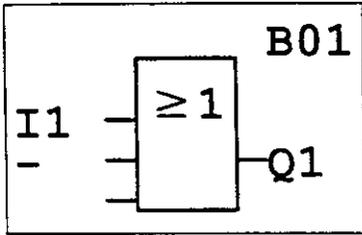


El primer elemento de la lista Co es un "x", el signo equivalente a "Entrada no utilizada". Elegir la entrada I1 mediante las teclas ▲ o ▼.

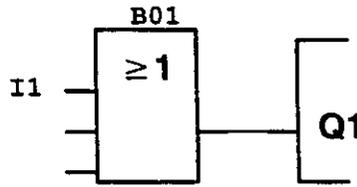


Pulsar la tecla **OK**: I1 queda enlazada con la entrada del bloque O. El cursor salta a la próxima entrada del bloque O.

En el display aparece



Representación del programa entero en LOGO! hasta ahora

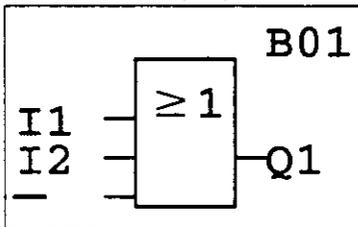


Enlazar ahora la entrada I2 con la entrada del bloque O. Como ya se indicó antes, debe procederse para ello de la manera siguiente:

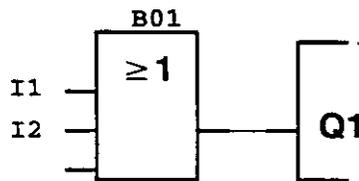
- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. Pasar al modo de introducción: | Tecla <b>OK</b>            |
| 2. Elegir la lista Co:            | Teclas <b>▲</b> o <b>▼</b> |
| 3. Aceptar la lista Co:           | Tecla <b>OK</b>            |
| 4. Elegir I2:                     | Teclas <b>▲</b> o <b>▼</b> |
| 5. Aceptar I2:                    | Tecla <b>OK</b>            |

Así queda enlazada I2 con la entrada del bloque O.

En el display aparece



Representación del programa entero en LOGO! hasta ahora



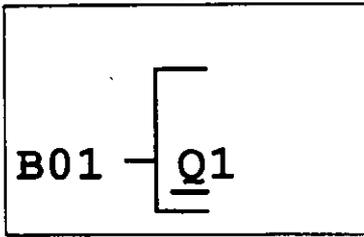
En este programa no se requiere la última entrada del bloque O. En los programas de LOGO! se identifica con una "x" cada entrada no utilizada.

Introducir ahora la 'x' (según el principio ya conocido):

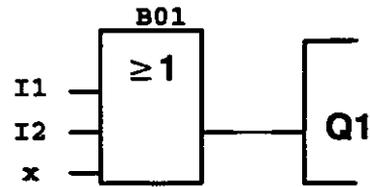
- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. Pasar al modo de introducción: | Tecla <b>OK</b>            |
| 2. Elegir la lista Co:            | Teclas <b>▲</b> o <b>▼</b> |
| 3. Aceptar la lista Co:           | Tecla <b>OK</b>            |
| 4. Elegir x:                      | Teclas <b>▲</b> o <b>▼</b> |
| 5. Aceptar x:                     | Tecla <b>OK</b>            |

Así quedan cableadas todas las entradas del bloque y el programa está completo para LOGO!. LOGO! retrocede a la salida Q1.

En el display aparece



Representación del programa



Si se desea ver de nuevo el primer programa, es posible desplazar el cursor a través del programa mediante las teclas ◀ o ▶.

Acto seguido, se termina la introducción del programa. Para ello, proceder de la siguiente manera:

1. Regreso al menú de programación: Tecla **ESC**

Si no se regresa ahora al menú de programación, significa que se ha olvidado cablear íntegramente un bloque. LOGO! muestra el punto del programa donde se ha olvidado hacer algo (por razones de seguridad, LOGO! sólo acepta programas completos). Ver también la página 46.

---

### Nota

LOGO! ha almacenado ahora su programa a prueba de cortes de la red. El programa permanece almacenado en LOGO! hasta que vuelva a borrarse mediante la instrucción correspondiente.

---

2. Regreso al menú principal: Tecla **ESC**

### Conmutación de LOGO! a RUN

3. Posicionar '>' en 'Start': Teclas ▲ o ▼
4. Confirmar Start: Tecla OK

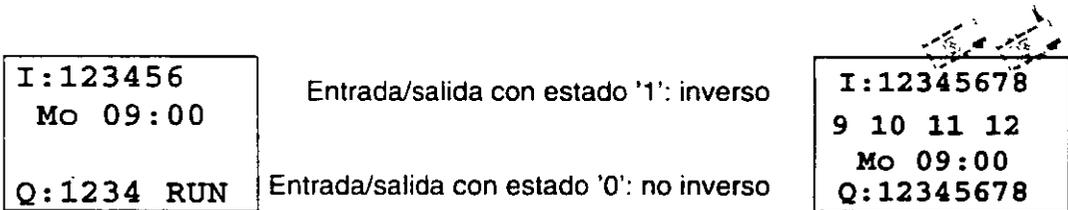
LOGO! se conmuta a RUN, apareciendo entonces el display siguiente:



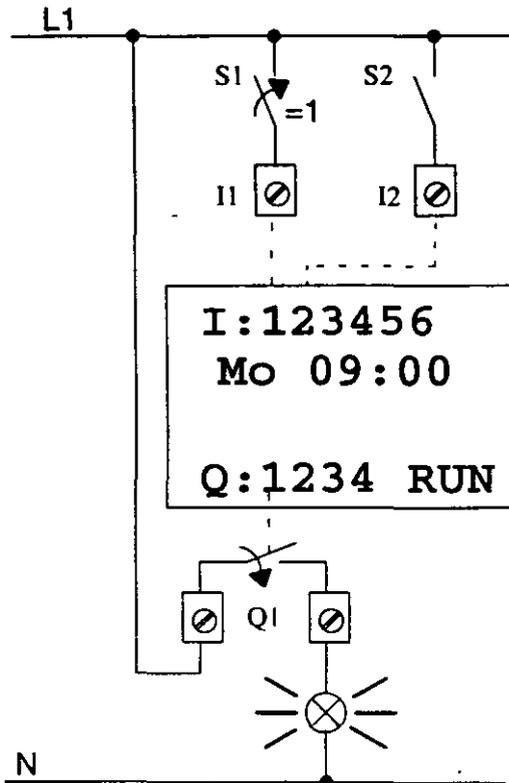
### ¿Qué significa "LOGO! se halla en RUN?"

En RUN, LOGO! procesa el programa. A tal efecto, LOGO! lee primero los estados de las entradas, determina los estados de las salidas a base del programa recién indicado y activa o desactiva los relés en las salidas.

Representación del estado de una entrada o salida en LOGO!:



Consideremos esto en nuestro ejemplo:



Si está cerrado el interruptor S1, hay aplicada tensión a la entrada I1 y ésta presenta el estado '1'.

LOGO! calcula mediante el programa el estado para las salidas.

La salida Q1 tiene aquí el estado '1'.

Si Q1 tiene el estado '1', LOGO! activa el relé Q1 y se aplica tensión al consumidor conectado a Q1.

### Próximo paso

Ahora ha introducido Ud. con éxito el primer circuito.

En el apartado siguiente se explica cómo puede Ud. modificar los programas existentes y utilizar en los mismos funciones especiales.

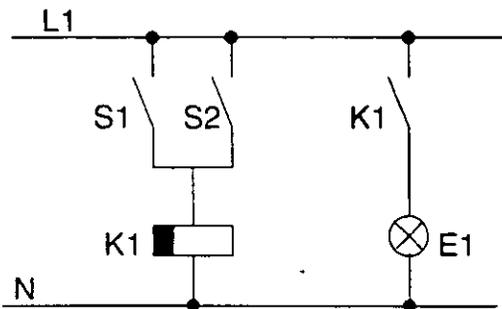
### 3.6.4 Segundo programa

Mediante el segundo programa se muestran los puntos siguientes:

- Cómo se intercala un bloque en un programa existente.
- Cómo se elige un bloque para una función especial.
- Cómo se introducen los parámetros.

Para el segundo programa se modifica algo el primero.

Veamos primeramente el esquema de circuitos para el segundo programa:



La primera parte del circuito ya es conocida. Los dos interruptores S1 y S2 conectan un relé. Este relé debe activar el consumidor E1 y desactivarlo con 12 minutos de retardo.

Representación del programa correspondiente en LOGO!:



Del primer programa son conocidos el bloque O y el relé de salida Q1. Sólo es nuevo el retardo de desactivación.

Forma de modificar el primer programa:

Conmutar LOGO! al modo de edición.

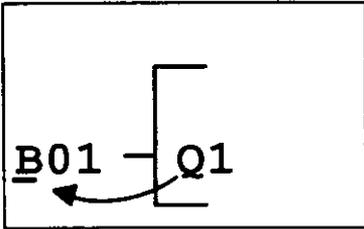
Como se dijo anteriormente, se efectúa de la siguiente manera:

1. Conmutar LOGO! al modo de servicio "Programación" (pulsando las teclas ◀, ▶ y OK simultáneamente).
2. Elegir en el menú principal "Program..." (desplazar '>' hacia "Program..." y pulsar OK).
3. Elegir en el menú de programación "Edit Prg" (desplazar '>' hacia "Edit Prg" y pulsar OK).

Ahora es posible modificar el programa existente.

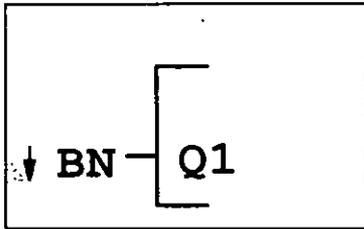
### Intercalar un bloque adicional en un programa

Posicionar el cursor en la letra B de B01 (B01 es el número del bloque O).



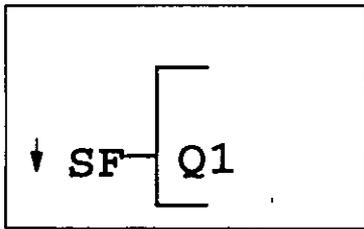
Desplazar el cursor pulsando la tecla ◀

Aquí se intercala el nuevo bloque. Pulsar la tecla **OK**:



LOGO! visualiza la lista BN.

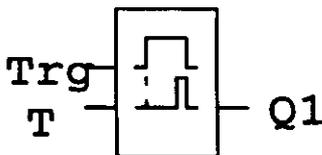
Elegir la lista SF (tecla ▼).



La lista SF incluye los bloques para funciones especiales

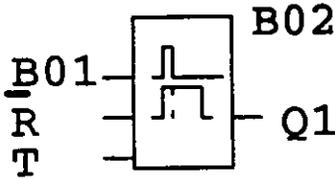
Pulsar la tecla **OK**.

Se visualiza el bloque de la primera función especial:



Al elegir un bloque para una función especial o básica, LOGO! visualiza el bloque de esa función. El cursor se halla en el bloque y tiene forma enmarcada. Elegir el bloque deseado mediante las teclas ▼ o ▲.

Elegir el bloque deseado (el retardo de desactivación se muestra en la próxima figura) y pulsar **OK**:



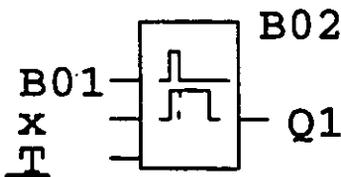
Se asigna al bloque intercalado el número de bloque B02. El bloque B01 conectado hasta ahora a Q1 es conectado automáticamente a la entrada superior del bloque intercalado. El cursor se halla en la entrada superior del bloque intercalado.

El bloque para el retardo de desactivación posee 3 entradas. La entrada superior es la entrada Trigger (Trg). A través de dicha entrada se inicia el retardo de desactivación. En nuestro ejemplo, el retardo de desactivación es iniciado por el bloque O B01. El tiempo y la salida se reponen a través de la entrada Reset. Mediante el parámetro T se ajusta la duración para el retardo de desactivación.

En nuestro ejemplo no utilizamos la entrada Reset para el retardo de desactivación, por lo que debe cablearse mediante 'x'. Como ya se indicó para el primer programa, se efectúa esto de la manera siguiente:

- |                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Posicionar el cursor en R:        | Teclas ▲ o ▼    |
| 2. Conmutar al modo de introducción: | Tecla <b>OK</b> |
| 3. Elegir la lista Co:               | Teclas ▲ o ▼    |
| 4. Asumir la lista Co:               | Tecla <b>OK</b> |
| 5. Elegir 'x':                       | Teclas ▲ o ▼    |
| 6. Asumir 'x':                       | Tecla <b>OK</b> |

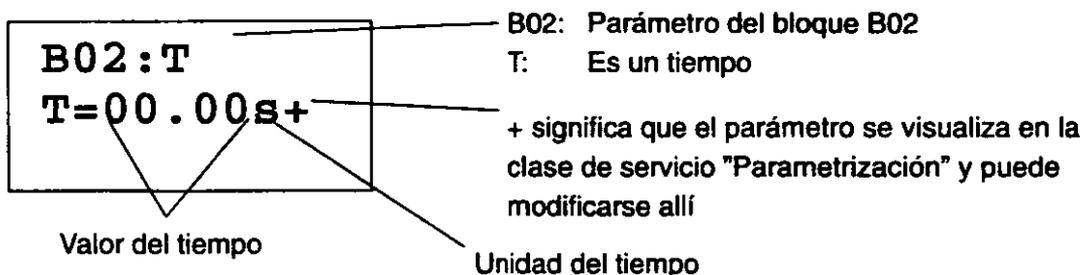
En el display debería aparecer:



Introducir ahora el tiempo T para el retardo de desactivación:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Si el cursor no se halla aún bajo T, posicionarlo allí: | Teclas ▲ o ▼    |
| 2. Conmutar al modo de introducción:                       | Tecla <b>OK</b> |

Si se prevén parámetros, LOGO! visualiza la ventana de parámetros:



El cursor se halla en el primer dígito del valor del tiempo.

Para modificar el valor del tiempo:

Mediante las teclas ◀ y ▶ se desplaza el cursor.

Mediante las teclas ▲ y ▼ se modifica el valor en ese dígito.

Una vez introducido el valor del tiempo, pulsar la tecla **OK**.

Ajustar el tiempo T = 12.00 minutos:

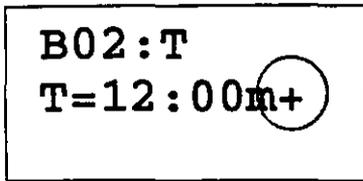
1. Posicionar el cursor en el primer dígito: Teclas ◀ o ▶
2. Elegir la cifra '1': Teclas ▲ o ▼
3. Posicionar el cursor en el segundo dígito: Teclas ◀ o ▶
4. Elegir la cifra '2': Teclas ▲ o ▼
5. Posicionar el cursor en las unidades: Teclas ◀ o ▶
6. Elegir la unidad m para minutos: Teclas ▲ o ▼

### Visualización/enmascaramiento de parámetros – Clase de protección

Si se desea que en el modo de parametrización no se visualice el parámetro:

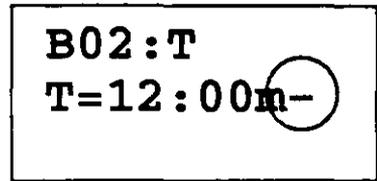
7. Posicionar el cursor en la clase de protección: Teclas ◀ o ▶
8. Elegir la clase de protección '-': Teclas ▲ o ▼

En el display debería aparecer ahora:



**Clase de protección +:**  
Tiempo T modificable en la clase de servicio 'Parametrización'

o bien



**Clase de protección -:**  
Tiempo T no modificable en la clase deservicio 'Parametrización'

9. Concluir la introducción:

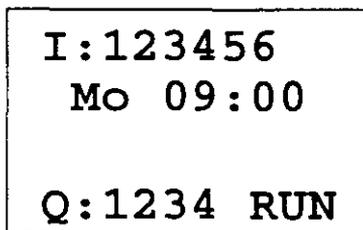
Tecla **OK**

Ahora está completa la rama del circuito para Q1. LOGO! muestra la salida Q1. Es posible observar el programa nuevamente en el display, desplazándose dentro del programa por medio de las teclas. Mediante ◀ o ▶ de un bloque a otro, y mediante ▲ y ▼ hacia las distintas entradas en un bloque.

Como ya se expuso para el primer programa, la introducción del circuito puede concluirse de la siguiente forma:

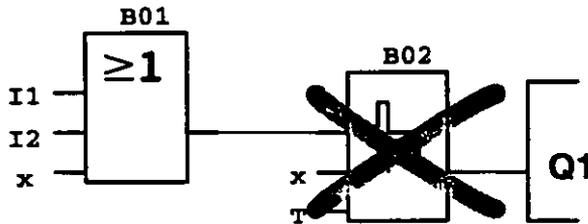
- |                                     |                  |
|-------------------------------------|------------------|
| 1. Regreso al menú de programación: | Tecla <b>ESC</b> |
| 2. Regreso al menú principal:       | Tecla <b>ESC</b> |
| 3. Llevar '>' a 'Start':            | Teclas ▲ o ▼     |
| 4. Confirmar Start:                 | Tecla <b>OK</b>  |

LOGO! se halla ahora nuevamente en RUN:



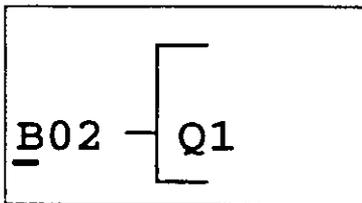
### 3.6.5 Borrar un bloque

Supongamos que en el programa siguiente se desea borrar el bloque B02 y enlazar B01 directamente con Q1.



Procédase para ello de la forma siguiente:

1. Conmutar LOGO! a la clase de servicio 'Programación' (pulsación triple).
2. Elegir 'Edit Prg' pulsando la tecla **OK**.
3. Posicionar el cursor en la entrada de Q1, es decir, bajo B02. Utilice para ello la tecla  $\blacktriangleleft$ :

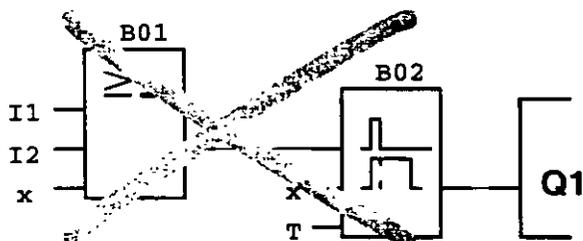


4. Pulsar la tecla **OK**.
5. Ahora se aplica directamente el bloque B01 a la salida Q1 en vez del bloque B02:  
Elegir la lista BN y pulsar **OK**.  
Elegir B01 y pulsar **OK**.

**Resultado:** El bloque B02 se ha borrado, porque ya no se utiliza en todo el circuito. En vez del mismo, la salida lleva aplicado directamente B01.

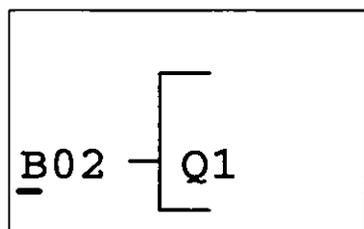
### 3.6.6 Borrar varios bloques consecutivos

Supongamos que en el programa siguiente se desean borrar los bloques B01 y B02.



Procédase para ello de la forma siguiente:

1. Conmutar LOGO! a la clase de servicio 'Programación' (pulsación triple).
2. Elegir 'Edit Prg' pulsando la tecla **OK**.
3. Posicionar el cursor en la entrada de Q1, es decir, bajo B02:



4. Pulsar la tecla **OK**.
5. Ahora se aplica el conector x a la salida Q1 en vez del bloque B02:  
Elegir la lista Co y pulsar **OK**.  
Elegir x y pulsar **OK**.

**Resultado:** El bloque B02 se ha borrado, porque ya no se utiliza en todo el circuito. Con el bloque B02 se borraron todos los bloques conectados al mismo (en el ejemplo también el bloque B01).

### 3.6.7 Corrección de introducciones erróneas

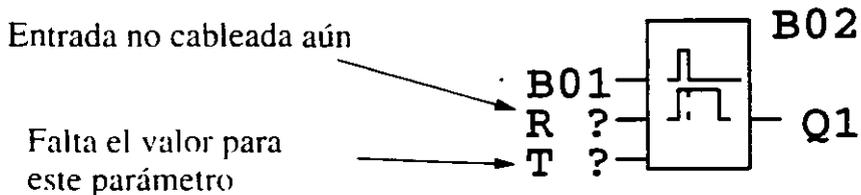
LOGO! permite corregir muy fácilmente las introducciones erróneas:

- Mientras no haya acabado la introducción, se puede retroceder un paso mediante ESC.
- Si ya ha acabado la introducción, repetir sencillamente ésta:
  1. Posicionar el cursor al punto que debe corregirse.
  2. Conmutar al modo de introducción: tecla **OK**.
  3. Introducir el cableado correcto para la entrada.

Para poder sustituir un bloque por otro es condición indispensable que el bloque nuevo cuente con la misma cantidad de entradas que el antiguo. Sin embargo, también es posible borrar el bloque antiguo e intercalar uno nuevo elegible discrecionalmente.

### 3.6.8 "?" en el display

Si se ha introducido un programa y desea abandonar "Edit Prg" mediante ESC. LOGO! comprueba si están cableadas todas las entradas de todos los bloques. Si se hubiera olvidado alguna entrada o parámetro, LOGO! visualiza el primer punto donde se olvidó algo y marca con un signo de interrogación todas las entradas y parámetros no cableadas y los parámetros que faltan.



Cablear ahora correctamente la entrada e introducir un valor adecuado para el parámetro. Entonces puede abandonarse "Edit Prg" pulsando la tecla ESC.

### 3.6.9 Borrar programas

Manera de borrar un programa:

1. Conmutar LOGO! a la clase de servicio "Programación":  
Teclas ◀, ▶ y **OK** simultáneamente

```
>Program..
PC/Card..
Start
```

2. Desplazar el '>' mediante las teclas ▲ o ▼ hacia 'Program..' y pulsar la tecla **OK**

LOGO! pasa al menú de programación:

```
>Edit Prg
Clear Prg
Set Clock
```

3. Desplazar el '>' hacia 'Clear Prg':
4. Aceptar 'Clear Prg':

Teclas ▲ o ▼  
Tecla **OK**

Para evitar que se borre por descuido el programa, hemos previsto además esta consulta:

```
Clear Prg
>No
Yes
```

Si no se desea borrar el programa, dejar '>' en 'No' y pulsar la tecla **OK**.  
Si se tiene la certeza de que debe borrarse el programa almacenado en LOGO!, entonces

5. Desplazar '>' hacia 'Yes':
6. Pulsar **OK**

Teclas ▲ o ▼

LOGO! borra el programa y regresa a continuación al menú de programación:

```
Edit Prg
>Clear Prg
Set Clock
```

## 3.7 Funciones

LOGO! pone a disposición diferentes elementos en el modo de programación. Para su orientación, hemos distribuido dichos elementos en distintas 'listas', que se especifican a continuación:

- ↓Co: Lista de bornes (**C**onnecto**r**) para
  - Entradas: I1, ...
  - Salidas: Q1, ...
  - Niveles: lo, hi
  - no conectado: x
- ↓GF: Lista de funciones básicas AND, OR, ... (ver el apartado 3.8)
- ↓SF: Lista de funciones especiales (ver el apartado 3.9)
- ↓BN: Lista de bloques ya listos en el circuito y utilizables posteriormente

### Contenidos de las listas

Todas las listas incluyen elementos disponibles en LOGO!. Normalmente se trata de todos los bornes, todas las funciones básicas y todas las funciones especiales que conoce el respectivo LOGO!. También van incluidos todos los bloques que Ud. ya ha creado en LOGO! antes de haber solicitado la respectiva lista ↓BN.

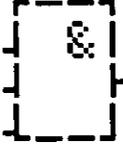
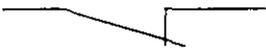
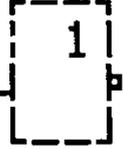
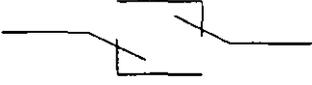
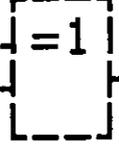
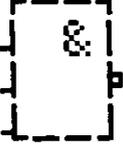
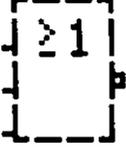
### No visualización de algunos elementos

LOGO! ya no visualiza todos los elementos en los casos siguientes:

- si no puede insertarse ningún otro bloque  
En este caso no hay disponible capacidad de memoria o se alcanzó la cantidad máxima de bloques posibles (30).
- si un bloque especial requiere más capacidad de memoria que la disponible aún en LOGO!
- si resultaran entonces más de 7 bloques conectados en serie

### 3.8 Funciones básicas

En la lista GF se especifican los bloques de funciones básicas para la introducción de un circuito. Se prevén las siguientes funciones básicas:

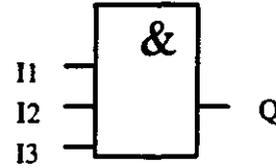
Representación en el esquema de circuitos	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en serie Contacto de cierre</p>		Y (AND)
 <p>Conexión en paralelo Contacto de cierre</p>		O (OR)
 <p>Inversor</p>		INVERSOR (NOT)
 <p>Alternador doble</p>		O-EXCLUSIVO (NAND)
 <p>Conexión en paralelo contacto de apertura</p>		Y-NEGADA (NOR)
 <p>Conexión en serie con- tacto de apertura</p>		O-NEGADO (XOR)

### 3.8.1 Y (AND)

La conexión en serie de varios contactos de cierre se representa así en el esquema de circuitos:



Símbolo en LOGO!:



Este bloque se denomina Y (AND) porque la salida Q de Y sólo ocupa el estado 1 cuando I1 e I2 e I3 tienen el estado 1, es decir, cuando están cerrados.

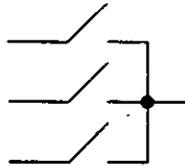
Tabla lógica para la función Y

I1	I2	I3	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

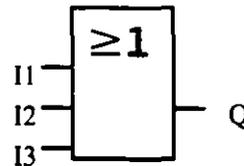
Para Y rige  $x = 1$   
(x significa que la entrada no se utiliza)

### 3.8.2 O (OR)

La conexión en paralelo de varios contactos de cierre se representa así en el esquema de circuitos:



Símbolo en LOGO!:



Este bloque se denomina O porque la salida Q de O siempre ocupa el estado 1 cuando I1 o I2 o I3 tienen el estado 1, es decir, cuando están cerrados (o sea, que por lo menos una entrada debe tener el estado 1).

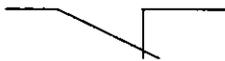
**Tabla lógica para la función O**

I1	I2	I3	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

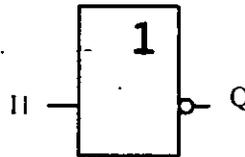
Para O rige  $x = 0$   
 (x significa que la entrada no se utiliza)

**3.8.3 INVERSOR (NOT)**

Un inversor se representa así en el esquema de circuitos:



Representación del INVERSOR en LOGO!:



Este bloque se denomina INVERSOR porque la salida Q1 ocupa el estado 1 cuando la entrada tiene el estado 0 y viceversa, es decir, que INVERSOR invierte el estado en la entrada.

Ejemplo de la ventaja que supone INVERSOR: Para LOGO! ya no se requiere ningún contacto de apertura, pues basta con utilizar un contacto de cierre y convertirlo en uno de apertura mediante el bloque INVERSOR.

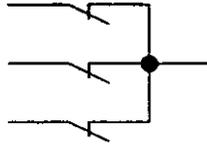
**Tabla lógica para el bloque INVERSOR**

I1	Q
0	1
1	0

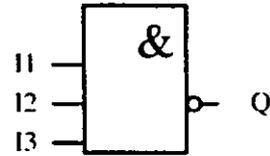
Para INVERSOR rige  $x = 1$   
 (x significa que la entrada no se utiliza)

### 3.8.4 Y-NEGADA (NAND)

La conexión en paralelo de varios contactos de apertura se representa así en el esquema de circuitos:



Simbolo en LOGO!



Este bloque se denomina Y-NEGADA porque la salida Q de Y-NEGADA sólo ocupa el estado 0 cuando I1 e I2 e I3 tienen el estado 1, es decir, cuando están cerrados.

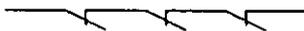
Tabla lógica para la función Y-NEGADA

I1	I2	I3	Q
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

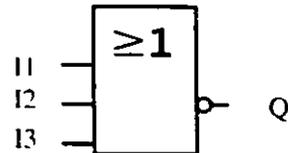
Para Y-NEGADA rige  $x = 1$   
(x significa que la entrada no se utiliza)

### 3.8.5 O-NEGADO (NOR)

La conexión en serie de varios contactos de apertura se representa así en el esquema de circuitos:



Simbolo en LOGO!



La salida de O-NEGADO sólo está activada (estado 1) cuando están desactivadas todas las entradas (estado 0). Tan pronto como se active alguna de las entradas (estado 1), es desactivada la salida.

Este bloque se denomina O-NEGADO porque la salida Q de O-NEGADO sólo ocupa el estado 1 cuando todas las entradas tienen el estado 0. Tan pronto como alguna de las entradas ocupe el estado 1, la salida de O-NEGADO tiene el estado 0.

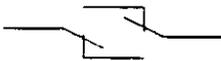
**Tabla lógica para la función O-NEGADO**

I1	I2	I3	Q
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

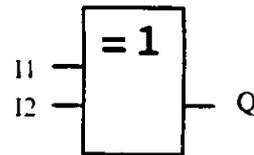
Para O-NEGADO rige  $x = 0$   
 (x significa que la entrada no se utiliza)

**3.8.6 O-EXCLUSIVO (XOR)**

En el esquema de circuitos, un O-EXCLUSIVO es una conexión en serie de 2 alternadores:



Símbolo en LOGO!:



La salida de O-EXCLUSIVO ocupa el estado 1 cuando las entradas tienen estados diferentes.

**Tabla lógica para la función O-EXCLUSIVO**

I1	I2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

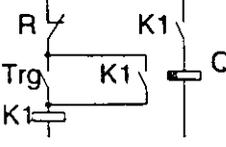
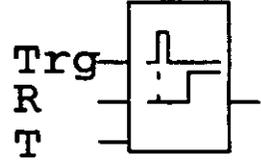
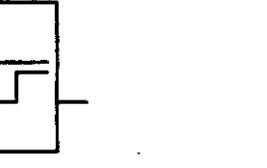
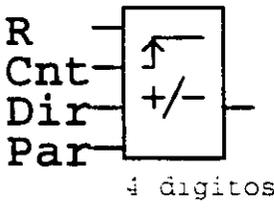
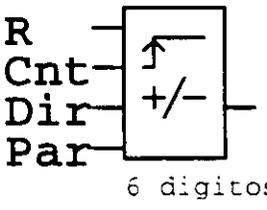
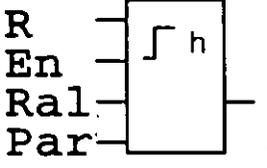
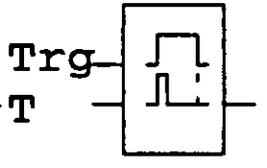
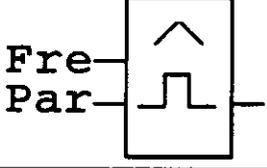
Para O-EXCLUSIVO rige  $x = 0$   
 (x significa que la entrada no se utiliza)

### 3.9 Funciones especiales

En la lista SF se especifican los bloques de funciones especiales para la introducción de un programa en LOGO!. Se prevén las siguientes funciones especiales:

Función	Representación en el esquema de circuitos	Representación en LOGO!...	Representación en LOGO!...L...	Re
Retardo de activación		Trg T		
Retardo de desactivación		Trg R T		
Relé de impulsos		Trg R	Trg R Par	Re
Reloj de temporización		No1 No2 No3		
Relé disipador		S R	S R Par	Re
Salida de impulsos		En T		

**Re** Este estado está almacenado de forma remanente a prueba de cortes de la red si hay enchufado un módulo para remanencia (sólo para LOGO!...L...) y se ha definido la función como remanente.

Función	Representación en el esquema de circuitos	Representación en LOGO!...	Representación en LOGO!...L...	Re
Retardo de activación memorizable				
Contador adelante/atrás		 <p>4 dígitos</p>	 <p>6 dígitos</p>	Re
Contador de horas de servicio	---			Re
Relé disipador / Salida de impulsos				
Interruptor de valor de umbral				

**Re** Este estado está almacenado de forma remanente a prueba de cortes de la red si hay enchufado un módulo para remanencia (sólo para LOGO!...L...) y se ha definido la función como remanente.

**Observación**

R tiene prioridad ante las demás entradas para las funciones.

### **Remanencia**

Para LOGO! en la versión estándar rige lo siguiente:

---

#### **Nota**

Tras un corte/reposición de la red, se repone el tiempo ya transcurrido en las funciones de temporización o el valor acumulado en el contador.

---

En LOGO!...-L... existe la posibilidad de mantener remanentes en algunas funciones los estados de conmutación, tiempos y valores de cómputo. A tal efecto,

- deben haberse definido como remanentes los valores correspondientes y
- tiene que haber enchufado un módulo amarillo o rojo que permita la conservación de datos remanente.

Tras un corte de la red, el programa sigue funcionando con los valores actuales antes de la interrupción.

---

#### **Nota**

Si se opera tanto LOGO! como sus entradas con la misma tensión de alimentación, podría almacenarse un valor erróneo para las funciones remanentes debido al puenteo del corte de la tensión. En las funciones especiales controladas por flancos, se podría generar entonces eventualmente un flanco adicional tras reponerse la red.

Por consiguiente, hay que cerciorarse de que LOGO! y sus entradas sean alimentados por separado.

---

### **Borne X en las entradas de las funciones especiales**

---

#### **Nota**

Si se cablean con el borne x las entradas de funciones especiales, se prevé para las mismas el valor 0. Es decir, que dichas entradas llevan aplicada una señal low.

---

### 3.9.1 Precisión de los tiempos (todas las variantes) y del reloj de temporización (variantes de LOGO!...C...)

#### Precisión de T

Todos los componentes electrónicos tienen ciertos márgenes de error. Por tal razón, podrían presentarse ligeras divergencias respecto al tiempo T ajustado. Para LOGO! la discrepancia es del 1 % como máximo.

#### Ejemplo:

En 1 hora (3.600 segundos) la discrepancia es de 1%, es decir,  $\pm 36$  segundos.

Por consiguiente, en 1 minuto la discrepancia es de sólo  $\pm 0.6$  segundos.

#### Precisión del reloj de temporización

A fin de que esta divergencia no afecte a la exactitud de marcha del reloj de temporización en las variantes C, es comparado éste regularmente con una base de tiempo muy exacta y reajustado.

De esta forma, resulta una máxima discrepancia de marcha de  $\pm 5$  segundos/día.

### 3.9.2 Parámetro T

En algunas de las funciones especiales indicadas a continuación es posible parametrizar un valor de tiempo T. Para el preajuste de este tiempo téngase en cuenta:

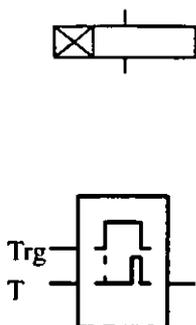
---

#### Nota

Indicar siempre un tiempo  $T \geq 0,10$  s. Para  $T = 0,05$  s y  $T = 0,00$  s no está definido el tiempo T.

---

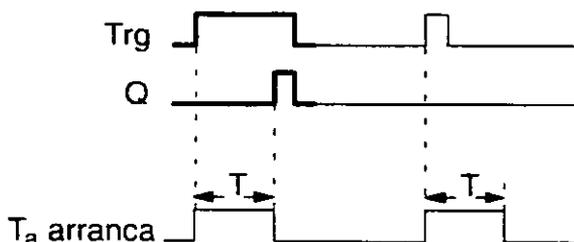
### 3.9.3 Retardo de activación

Esquema de circuitos/Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (abreviatura de trigger) se inicia el tiempo para el retardo de activación.
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que debe activarse la salida (la señal de salida pasa de 0 a 1).
	Salida Q	Q se activa al transcurrir el tiempo T parametrizado, si está activada aún Trg.

#### Parámetro T

Para los valores preajustados, téngase en cuenta la observación del apartado 3.9.2.

#### Diagrama de temporización



El sector del diagrama de temporización representado en negrita aparece también en el símbolo para el retardo de activación.

Al pasar de 0 a 1 el estado en la entrada Trg se inicia el tiempo  $T_a$  ( $T_a$  es la hora actual en LOGO!). Si el estado de la entrada Trg permanece en 1 por lo menos mientras dure el tiempo parametrizado T, la salida es conmutada a 1 al terminar el tiempo T (la salida es activada posteriormente a la entrada).

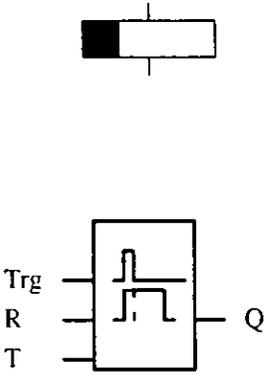
Si el estado en la entrada Trg pasa nuevamente a 0 antes de terminar el tiempo T, vuelve a reponerse el tiempo.

La salida se repone nuevamente a 0 si la entrada Trg se halla en el estado 0.

#### Aplicación

Supresión de rebotes en los interruptores

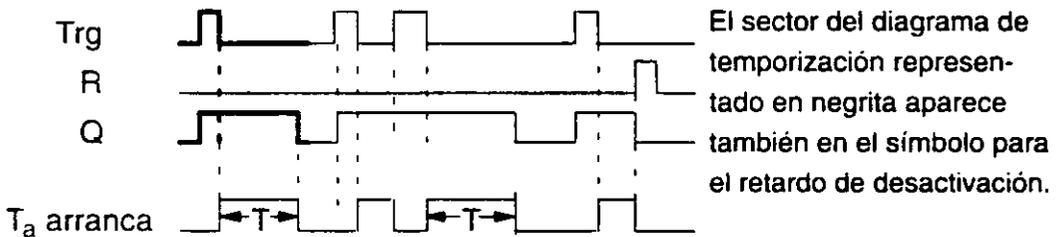
### 3.9.4 Retardo de desactivación

Esquema de circuitos/Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (abreviatura de trigger) se inicia el tiempo para el retardo de desactivación
	Entrada R	A través de la entrada R (reset) se repone el tiempo para el retardo de desactivación y se conmuta la salida a 0 (la reposición tiene prioridad ante Trg)
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que debe desactivarse la salida (la señal de salida pasa de 1 a 0)
	Salida Q	Q se activa al transcurrir el tiempo T parametrizado, si está activada aún Trg.

#### Parámetro T

Para el parámetro T, téngase en cuenta la observación del apartado 3.9.2.

#### Diagrama de temporización



Cuando la entrada Trg ocupa el estado 1, la salida Q se conmuta inmediatamente al estado 1. Al pasar de 1 a 0 el estado en la entrada Trg se inicia el tiempo  $T_a$  (la hora actual en LOGO!) y la salida permanece en 1.

Cuando  $T_a$  alcanza el valor ajustado mediante T ( $T_a=T$ ), se repone la salida Q al estado 0 (desactivación diferida).

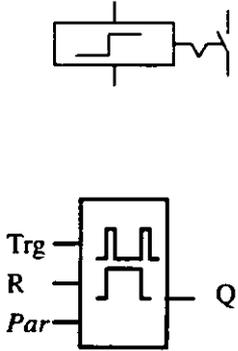
Si vuelve a activarse y desactivarse la entrada Trg, arranca nuevamente el tiempo  $T_a$ .

A través de la entrada R (reset) se reponen el tiempo  $T_a$  y la salida antes de que termine el tiempo  $T_a$ .

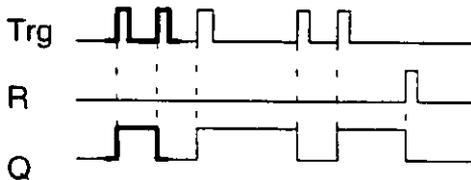
#### Aplicación

Interruptor automático de escalera

### 3.9.5 Relé de impulsos

Esquema de circuitos/Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (abreviatura de trigger) se activa y desactiva la salida Q.
	Entrada R	A través de la entrada R (reset) se repone el relé de impulsos y se conmuta la salida a 0 (la reposición tiene prioridad ante Trg).
	Parámetro <i>Par</i>	<p>Par se prevé sólo en las variantes de LOGO!...-L...</p> <p>Este parámetro permite activar y desactivar la remanencia.</p> <p>Rem:                      off = sin remanencia                      on = estado almacenable con remanencia</p>
	Salida Q	Q se activa con Trg y se desactiva con la próxima Trg.

#### Diagrama de temporización



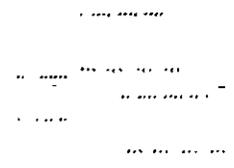
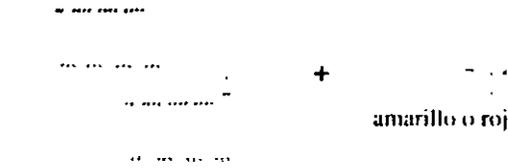
El sector del diagrama de temporización representado en **negrita** aparece también en el símbolo para el relé de impulsos.

Cada vez que se conmuta de 0 a 1 el estado en la entrada Trg, la salida Q cambia su estado, es decir, que es activada o desactivada.

A través de la entrada R se repone el relé de impulsos a su estado inicial, es decir, que la salida se conmuta a 0.

### Comportamiento tras conexión de red

El comportamiento tras conexión de red depende del LOGO! utilizado:

	
<p>Tras la conexión de red queda repuesto siempre el relé de impulsos y la salida Q siempre a 0.</p>	<p>Si no se ha parametrizado la remanencia, tras la conexión de red queda repuesto el relé de impulsos y la salida Q conmutada a 0.</p> <p>Si se ha parametrizado la remanencia, tras la conexión de red queda ajustado el estado actual antes de la desconexión.</p>

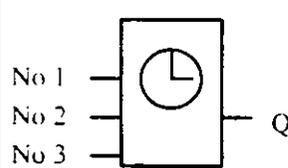
### Aplicación

Alumbrado de pasillos

### 3.9.6 Reloj de temporización

El reloj de temporización se prevé sólo en las variantes de LOGO! con la designación C (clock = reloj), p.ej. LOGO! 230 RC.

Cada reloj de temporización cuenta con 3 levas.

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	<p>Parámetros No 1, No 2, No 3</p> <p>Salida Q</p>	<p>A través de los parámetros 'No' se ajustan los tiempos de activación y desactivación para cada una de las levas del reloj de temporización (ver también "Ajuste del reloj de temporización").</p> <p>Q se activa si está activada una de las levas parametrizadas.</p>

## Parámetros “No1”, “No2”, “No3”

He aquí la ventana de parámetros p.ej. para la leva No1:

Bloque B01	Leva No 1	Día de la semana (Mo = lunes);
<b>B01:No1</b>		Ver intercalación y extracción de parámetros – clase de protección en pág. 42
<b>Day=Mo +</b>		
<b>On =06:00</b>		Hora de activación (6.00 horas)
<b>Off=19:00</b>		Hora de desactivación (19.00 horas)

### Día de la semana

Ajustes posibles para el día de la semana (utilizando las respectivas abreviaturas internacionales):

- Su Domingo
- Mo Lunes
- Tu Martes
- We Miércoles
- Th Jueves
- Fr Viernes
- Sa Sábado
- Mo..Fr Todos los días de lunes a viernes
- Mo..Sa Todos los días de lunes a sábado
- Mo..Su Todos los días de lunes a domingo (o sea, todos los días)
- Sa..Su Sábado y domingo

### Hora de activación

Cualquier hora entre 00:00 y 23:59 horas

---:--- significa sin activación

### Hora de desactivación

Cualquier hora entre 00:00 y 23:59 horas

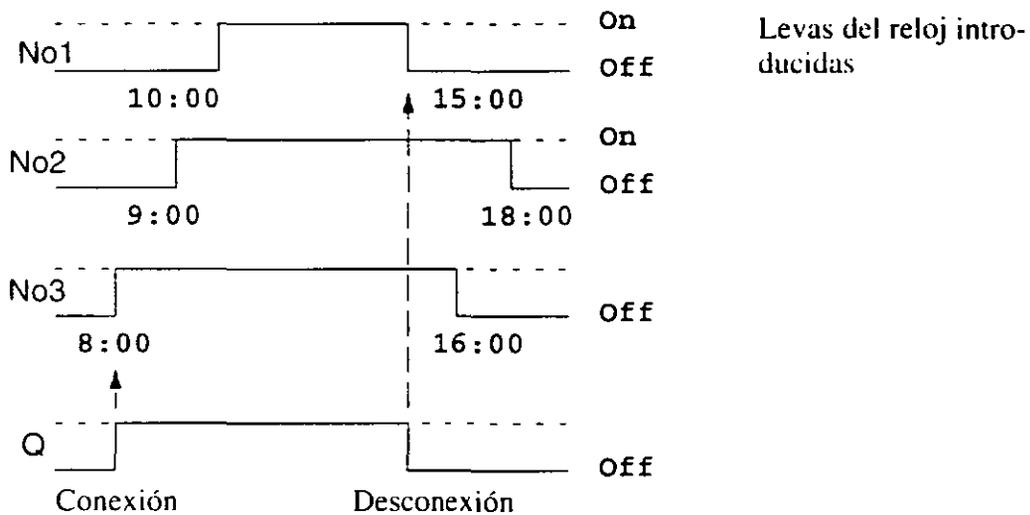
---:--- significa sin desactivación

### Acumulación de la hora

En LOGO! ...C sigue funcionando el reloj interno incluso si falla la tensión de red, es decir, que el reloj cuenta con una reserva de marcha. La duración de esta reserva en LOGO! ...C depende de la temperatura ambiente. Para una temperatura ambiente de 25°, la reserva de marcha típica es de 80 horas.

### Superposición de levas

A través de las levas se determinan las horas de activación y de desactivación. A la hora de activación, el reloj conecta la salida si ésta no estuviera aún conectada. En una hora de desactivación, el reloj desconecta la salida si ésta no estuviera aún desconectada.



### Prioridad en caso de horas de activación y desactivación idénticas

Si se indican para un reloj la activación y la desactivación a la misma hora, pero en levas diferentes, se produciría una contradicción. En tal caso, la leva "No3" tiene prioridad sobre la leva "No2" y ésta -a su vez- sobre la leva "No1".

### **3.9.7 Ajuste del reloj de temporización**

Las horas de activación/desactivación se introducen como sigue:

1. Posicionar el cursor en uno de los parámetros “No” del reloj (p.ej. No1).
2. Pulsar la tecla OK. LOGO! abre la ventana de parámetros para esa leva. El cursor se halla sobre el día de la semana.
3. Mediante las teclas ▲ y ▼, elegir uno o varios días de la semana.
4. Mediante la tecla ►, llevar el cursor al primer dígito de la hora de activación.
5. Ajustar la hora de activación.  
Modificar el valor en la posición correspondiente mediante las teclas ▲ y ▼. Desplazar el cursor entre las distintas posiciones mediante las teclas ◀ y ▶.  
El valor --:-- sólo puede ajustarse en la primera posición (--:-- significa: sin activación/desactivación).
6. Mediante la tecla ►, llevar el cursor al primer dígito de la hora de desactivación.
7. Ajustar la hora de desactivación (igual que en el punto 5).
8. Terminar la introducción pulsando la tecla OK.  
El cursor se halla en el parámetro No2 (leva 2). Ahora se puede parametrizar otra leva (tal como se describe en los puntos 2. a 8.).

---

#### **Nota**

Las indicaciones referentes a la precisión del reloj de temporización aparecen en los datos técnicos y en el apartado 3.9.1.

---

### 3.9.8 Reloj de temporización: Ejemplos

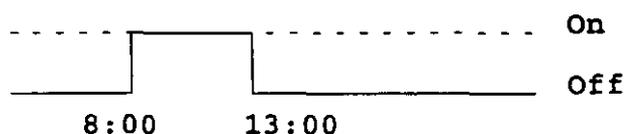
El reloj permite combinar discrecionalmente varias horas de activación/ desactivación.

He aquí algunos ejemplos:

#### Ejemplo 1

La salida del reloj debe estar activada cada día (es decir, desde el lunes al domingo) entre las 8:00 y las 13:00 horas:

**B01:No1**  
**Day= Mo..Su**  
**On =08:00**  
**Off=13:00**

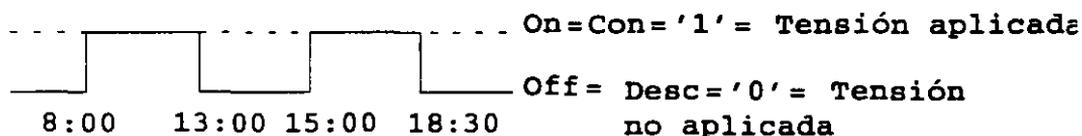


#### Ejemplo 2

La salida del reloj debe estar activada cada día de las 8:00 a las 13:00 horas y de las 15:00 a las 18:30 horas. A tal efecto se requieren 2 levadas:

**B01:No1**  
**Day= Mo..Su**  
**On =08:00**  
**Off=13:00**

**B01:No2**  
**Day= Mo..Su**  
**On =15:00**  
**Off=18:30**



### Ejemplo 3

La salida del reloj debe estar activada diariamente desde el lunes al sábado de las 8:00 a las 13:00 horas y de las 15:00 a las 18:30 horas. Además, la salida debe estar activada los domingos entre las 11:00 y las 15:00 horas.

A tal efecto se requieren 3 levas:

**B01:No1**

**Day= Mo..Sa**

**On =08:00**

**Off=13:00**

**B01:No2**

**Day= Mo..Sa**

**On =15:00**

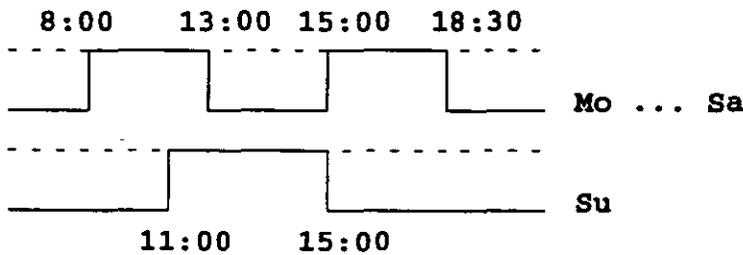
**Off=18:30**

**B01:No3**

**Day= Su**

**On =11:00**

**Off=15:00**



### Ejemplo 4

La salida del reloj debe activarse el lunes a las 22:00 horas y desactivarse el martes a las 6:00 horas:

**B01:No1**

**Day= Mo**

**On =22:00**

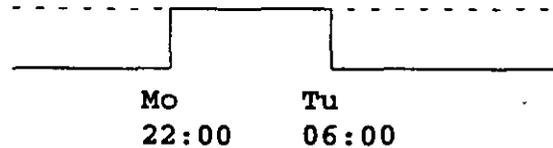
**Off=--:--**

**B01:No2**

**Day= Tu**

**On =--:--**

**Off=06:00**



### 3.9.9 Relé con autorretención

A menudo se necesita un circuito donde se mantenga un estado activado, a lo cual se denomina autorretención.

Esquema de circuitos/Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada S	A través de la entrada S (set) se conmuta la salida Q a 1.
	Entrada R	A través de la entrada R (reset) se repone la salida Q a 0. Si tanto S como R son 1, es repuesta la salida (la reposición tiene prioridad ante la activación).
	Parámetro <i>Par</i>	Par se prevé sólo en las variantes de LOGO!...-L... Este parámetro permite activar y desactivar la remanencia. Rem: off = sin remanencia on = estado almacenable con remanencia
	Salida Q	Q se activa y desactiva cíclicamente según el tiempo de cadencia T.

#### Función de conmutación

Un relé de autorretención es un sencillo elemento de memorización binario. El valor a la salida depende de los estados en las entradas y del estado anterior en la salida. En la tabla siguiente se expone su lógica:

$S_n$	$R_n$	Q	Explicación
0	0		Estado inalterado
0	1	0	Reposición
1	0	1	Activación
1	1	0	Reposición (la reposición tiene prioridad ante la activación)

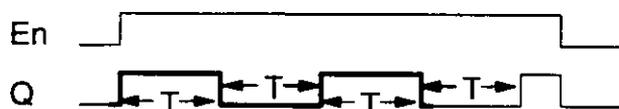
### 3.9.10 Generator de impulsos simétrico

Esquema de circuitos/Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada En	A través de la entrada En (enable) es activado y desactivado el generador de impulsos.
	Parámetro T	T es el tiempo durante el que está activada o desactivada la salida.
	Salida Q	Q se activa y desactiva cíclicamente según el tiempo de cadencia T.

#### Parámetro T

Para los valores preajustados, téngase en cuenta la observación del apartado 3.9.2.

#### Diagrama de temporización



El sector del diagrama de temporización representado en **negrita** aparece también en el símbolo para el generador de impulsos simétrico.

A través del parámetro T se indica la duración del tiempo de activación y de desactivación. A través de la entrada En (enable = liberación) es activado el generador de impulsos, es decir, que éste conmuta la salida a 1 durante el tiempo T, a continuación la salida a 0 durante el tiempo T, y así sucesivamente, hasta que la entrada En lleva 0.

#### Observación para las salidas de relé Qn:

Las salidas de relé que se accionan bajo carga están sometidas a cierto desgaste durante cada proceso de conmutación. En el capítulo Datos técnicos (véase el anexo A) se indica cuántos procesos de conmutación puede ejecutar con seguridad cada salida de LOGO!.

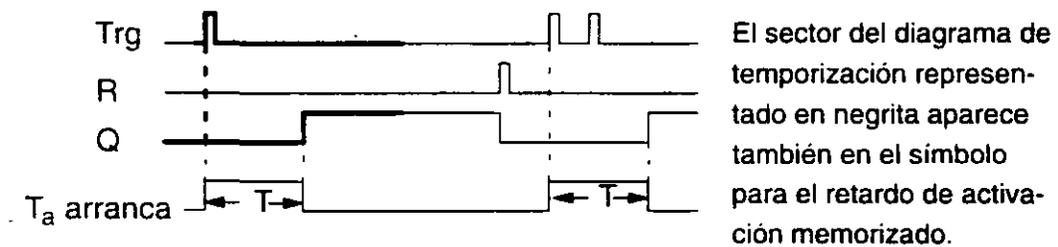
### 3.9.11 Retardo de activación memorizado

Esquema de circuitos/Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (abreviatura de trigger) se inicia el tiempo para el retardo de activación.
	Entrada R	A través de la entrada R (reset) se repone el tiempo para el retardo de activación y se conmuta la salida a 0 (la reposición tiene prioridad ante Trg).
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que debe activarse la salida (la señal de salida pasa de 0 a 1).
	Salida Q	Q se activa una vez transcurrido el tiempo T.

#### Parámetro T

Para los valores preajustados, téngase en cuenta la observación del apartado 3.9.2.

#### Diagrama de temporización



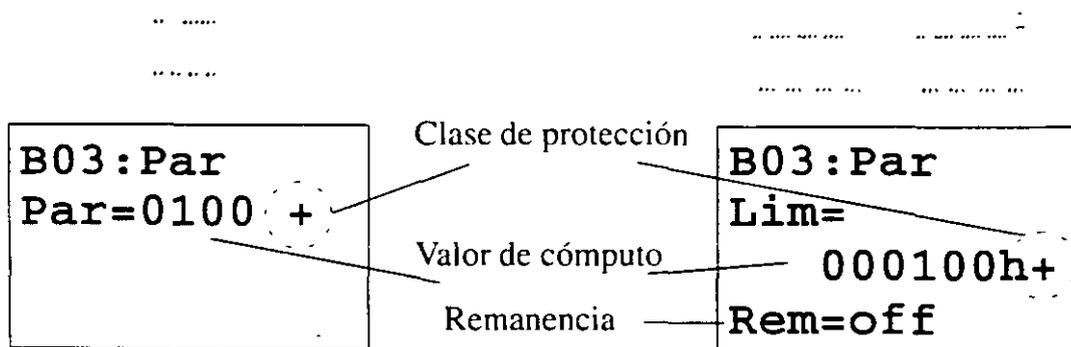
Cuando el estado de la entrada Trg pasa de 0 a 1, se inicia el tiempo actual  $T_a$ . Al alcanzar  $T_a$  el tiempo T, se conmuta a 1 la salida Q. Si se conmuta de nuevo la entrada Trg, no se altera  $T_a$ .

La salida y el tiempo  $T_a$  no se repone nuevamente a 0 hasta que la entrada R presente el estado 1.

### 3.9.12 Contador adelante/atrás

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada R	A través de la entrada R (reset) se reponen a cero el valor de cómputo interno y la salida (la reposición tiene prioridad ante Cnt).
	Entrada Cnt	El contador cuenta los cambios del estado 0 al estado 1 registrados en la entrada Cnt (count = cómputo). No se cuentan los cambios del estado 1 al 0. Máxima frecuencia de cómputo en los bornes de entrada: 5 Hz.
	Entrada Dir	A través de la entrada Dir (dirección) se indica el sentido de cómputo: Dir = 0: Cómputo progresivo Dir = 1: Cómputo regresivo
	Parámetro Par	Téngase en cuenta lo indicado sobre el parámetro preajustado Par a continuación de esta tabla.
	Salida Q	Q se activa al alcanzarse el valor de cómputo (parámetro Par o Lim: véase abajo).

#### Parámetro preajustado Par



Si el valor de cómputo interno es igual o mayor que Par (parámetro) o Lim, es activada la salida. Si se rebasa este valor por defecto o por exceso, es detenido el contador.

**Par** puede estar comprendido entre 0 y 9.999.

**Lim** puede estar comprendido entre 0 y 999.999.

**Rem:** En caso de LOGO!...L..., este parámetro permite activar y desactivar la remanencia para el valor de cómputo interno Cnt.

off = sin remanencia

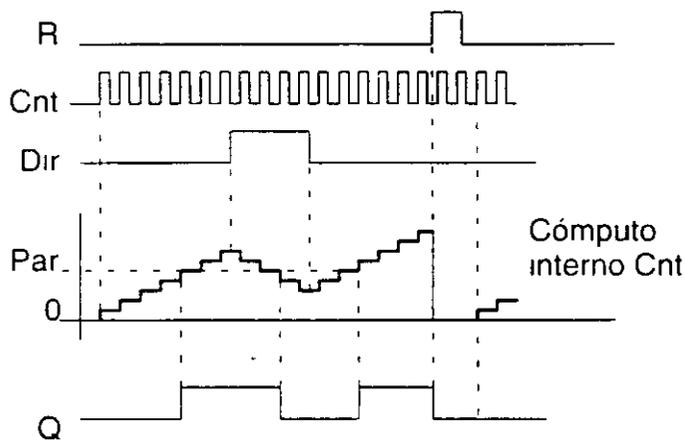
on = valor de cómputo Cnt almacenable con remanencia

**Clase de protección:**

+: Parámetro Par o Lim modificable durante el servicio

-: Parámetro Par o Lim modificable sólo en este punto durante la programación: no es posible modificarlo durante el servicio.

**Diagrama de temporización**



Durante cada flanco positivo en la entrada Cnt, el contador interno es incrementado en uno (Dir = 0) o decrementado en uno (Dir = 1). Si el valor de cómputo interno es igual o mayor que el valor determinado mediante Par, se conmuta la salida Q a 1. A través de la entrada de reposición R es posible reponer a '0000' ó '000000' el valor de cómputo interno. Mientras R=1, la salida se halla en 0.

**Remanencia**

**Nota**

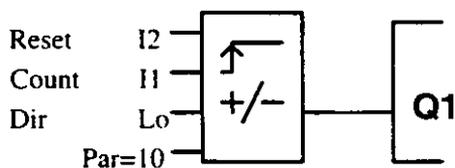
Si se desconecta la tensión de alimentación en la versión estándar de LOGO!, es borrado el valor de cómputo interno. Al conectarse nuevamente la red, el valor de cómputo interno Cnt=0000.

En LOGO!...L... existe la posibilidad de mantener remanentes en algunas funciones los estados de conmutación, tiempos y valores de cómputo. A tal efecto,

- deben haberse definido como remanentes los valores correspondientes y
- tiene que haber enchufado un módulo amarillo o rojo que permita la conservación de datos remanente.

Tras un corte de la red, el programa sigue funcionando con los valores actuales antes de la interrupción.

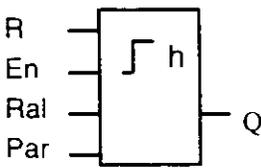
### Ejemplo:



Cada vez que I1 ocupa el estado 1, es incrementado en 1 el valor de cómputo interno. Tan pronto como el valor de cómputo interno Cnt alcanza el valor 10 ajustado mediante Par, se conmuta a 1 la salida del contador.

### 3.9.13 Contador de horas de servicio

Esta función sólo está disponible en las variantes de LOGO!...L...

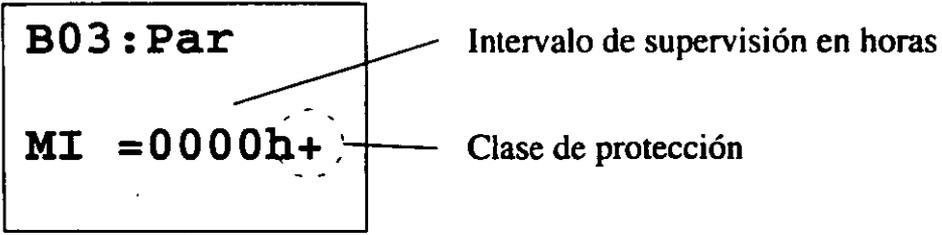
Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada R	<p><b>R = 0:</b> cómputo posible si Ral no = 1</p> <p><b>R = 1:</b> contador detenido</p> <p>A través de la entrada R (reset) se repone la salida. El tiempo restante MN del intervalo de mantenimiento es ajustado al valor MN = MI.</p>
	Entrada En	En es la entrada de supervisión. LOGO! mide el tiempo que está activada dicha entrada.
	Entrada Ral	<p><b>Ral = 0:</b> cómputo posible si R no = 1</p> <p><b>Ral = 1:</b> contador detenido</p> <p>A través de la entrada Ral (reset all) se repone el contador y la salida. Es decir, que sucede lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• salida Q = 0.</li> <li>• horas de servicio medidas OT = 0 y</li> <li>• tiempo restante del intervalo de mantenimiento MN = MI.</li> </ul>
	Parámetro Par: MI	<p><b>MI:</b> intervalo de mantenimiento preajustable en la unidad horas</p> <p>MI puede estar comprendido entre 0 y 9.999 horas.</p>
	Salida Q	Si el tiempo restante MN = 0 (ver el diagrama de temporización), es activada la salida.

MI = Valor de cómputo parametrizable

MN = Tiempo restante

OT = Tiempo total transcurrido desde la última señal 1 en la entrada Ral

**Parámetro preajustado Par**

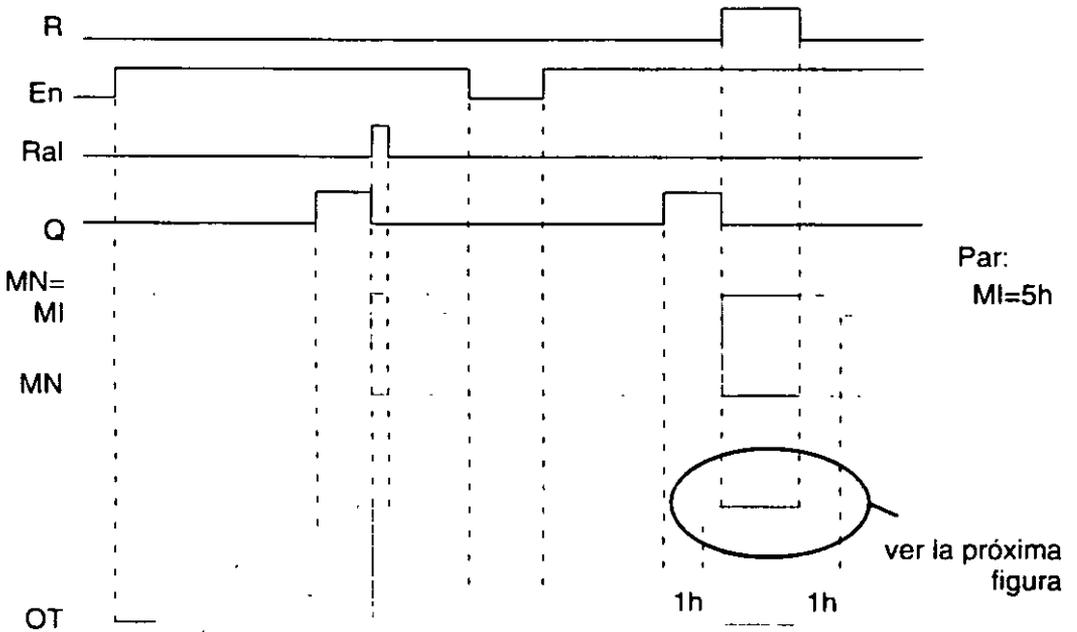


**MI** es el intervalo de tiempo parametrizable, que puede estar comprendido entre 0 y 9.999.

**Clase de protección:**

+	Tiempo de supervisión preajustable modificable durante el servicio
-	Tiempo de supervisión preajustable modificable sólo en este punto durante la programación; no es posible modificarlo durante el servicio.

**Diagrama de temporización**



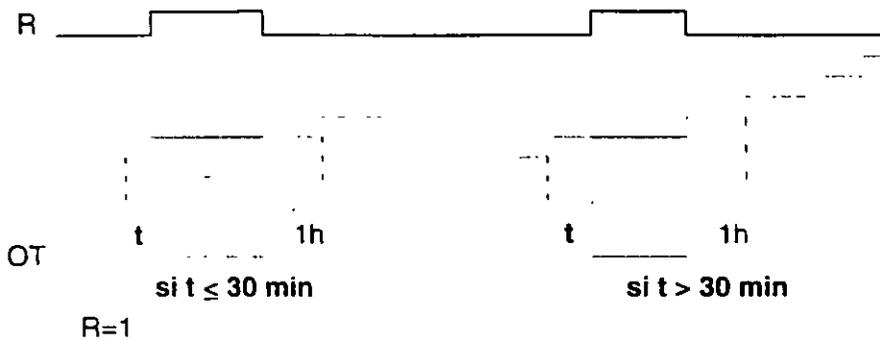
El contador no sigue contando mientras esté activada R o Ral

MI = Intervalo de tiempo parametrizable

MN = Tiempo restante

OT = Tiempo total transcurrido desde la última señal 1 en la entrada Ral

### Comportamiento tras la restitución de R



El contador de horas de servicio supervisa la entrada En. Mientras dicha entrada lleve aplicado el valor 1, LOGO! determina el tiempo transcurrido y el tiempo restante. LOGO! visualiza estos tiempos en la clase de servicio 'Parametrización'. Si el tiempo restante es igual a cero, se conmuta a 1 la salida Q.

Acciones mediante la entrada de reposición R	Acciones mediante la entrada de reposición Ral
se repone la salida Q se ajusta el contador del tiempo restante al valor preajustado MI	se repone la salida Q se ajusta el contador del tiempo restante al valor preajustado MI se repone a 0 el contador interno OT
El contador interno OT permanece inalterado	

### Valor límite para OT

Si se repone el contador de horas de servicio mediante la señal R, se conservan en OT las horas de servicio acumuladas. El valor límite para el contador OT es de 99.999 horas.

Cuando el contador de horas de servicio alcanza este valor, no sigue contando las horas.

### Remanencia

En LOGO!...L... está ajustado siempre a remanencia el valor de cómputo interno. Para poder aprovechar esta remanencia, debe haber enchufado un módulo amarillo o rojo.

### Nota

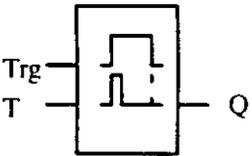
No es posible desactivar la remanencia del contador de horas de servicio. Siempre que haya enchufado un módulo amarillo o rojo, se almacenan los valores de cómputo para OT y MN tras un corte de la red.

En caso de un corte de la red, el programa sigue funcionando con los valores actuales antes de la interrupción.

### Aplicación

Supervisión de intervalos de mantenimiento

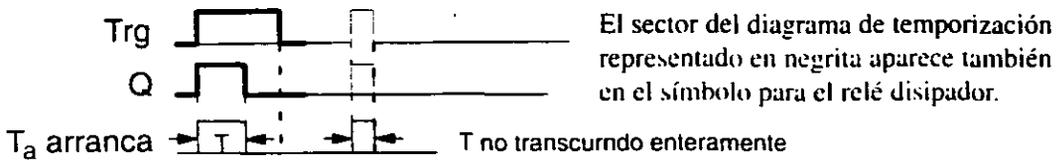
### 3.9.14 Relé disipador - Salida de impulsos

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Trg	A través de la entrada Trg (abreviatura de trigger) se inicia el tiempo para el relé disipador.
	Parámetro T	T es el tiempo tras el que se desactiva la salida (la señal de salida pasa de 1 a 0).
	Salida Q	Q se activa con Trg y permanece así hasta que transcurre el tiempo T.

### Parámetro T

Para el parámetro T, téngase en cuenta la observación del apartado 3.9.2.

### Diagrama de temporización



Cuando la entrada Trg ocupa el estado 1, la salida Q se conmuta inmediatamente a 1. A la vez se inicia en LOGO! el tiempo actual  $T_a$  y la salida permanece activada. Cuando  $T_a$  alcanza el valor ajustado a través de T ( $T_a=T$ ), es repuesta la salida Q al estado 0 (salida de impulsos).

Si la entrada Trg se conmuta de 1 a 0 antes de transcurrir el tiempo preajustado, la salida pasa también inmediatamente de 1 a 0.

### 3.9.15 Conmutador de valor de umbral para frecuencias



Esta función sólo está disponible en las variantes de LOGO!...L...

Símbolo en LOGO!	Cableado	Descripción
	Entrada Fre	<p>En Fre se aplica la entrada que suministra los impulsos a contar.</p> <p>Utilizar para ello</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la entrada I12 para procesos de cómputo rápidos (entradas de 24 V): máx. 150 Hz</li> <li>otra entrada o elemento de circuito cualesquiera para frecuencias de cómputo más lentas.</li> </ul>
	Parámetro Par: SW↑ SW↓ G_T	SW↑: Umbral de activación SW↓: Umbral de desactivación G_T: Intervalo de tiempo durante el que se miden los impulsos aplicados.
	Salida Q	Q se activa o desactiva en función de SW↑ y de SW↓ (ver descripción más abajo).

#### Parámetro preajustado Par

<b>B03 : Par</b>	Clase de protección
<b>SW↑ = 0050 +</b>	Umbral de activación
<b>SW↓ = 0048</b>	Umbral de desactivación
<b>G_T = 01.00s</b>	Intervalo de tiempo para los impulsos

SW↑ es el umbral de activación; puede estar comprendido entre 0000 y 9999.

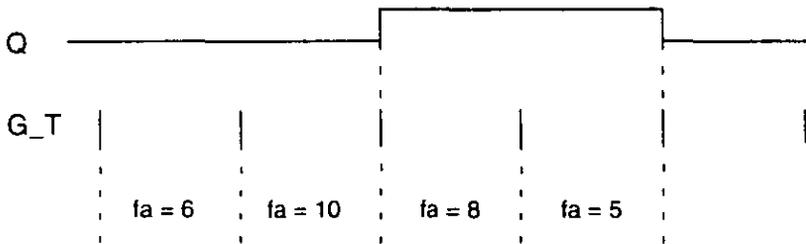
SW↓ es el umbral de desactivación; puede estar comprendido entre 0000 y 9999.

G\_T es el intervalo de tiempo durante el que se miden los impulsos aplicados a Fre; puede estar comprendido entre 00.05s y 99.95s.

**Clase de protección:**

+	Umbrales de conmutación preajustables modificables durante el servicio
-	Umbrales de conmutación preajustables modificables sólo en este punto durante la programación; no es posible modificarlos durante el servicio.

**Diagrama de temporización**



Umbral de activación:  $SW\uparrow = 9$

Umbral de desactivación:  $SW\downarrow = 5$

El conmutador de valor de umbral mide las señales en la entrada Fre. Los impulsos son registrados a través de un intervalo de tiempo G\_T parametrizable. Si durante el tiempo G\_T los valores medidos son **mayores** que el umbral de activación y de desactivación, se activa la salida Q.

Q se desactiva nuevamente cuando la cantidad de impulsos medidos es **igual o menor** que el valor del umbral de desactivación.

**Nota**

Si se ajusta previamente el tiempo G\_T con 1 s, LOGO! envía de vuelta en el parámetro fa la frecuencia actual en Hz.

fa es siempre la suma de los impulsos medidos por cada unidad de tiempo G\_T.

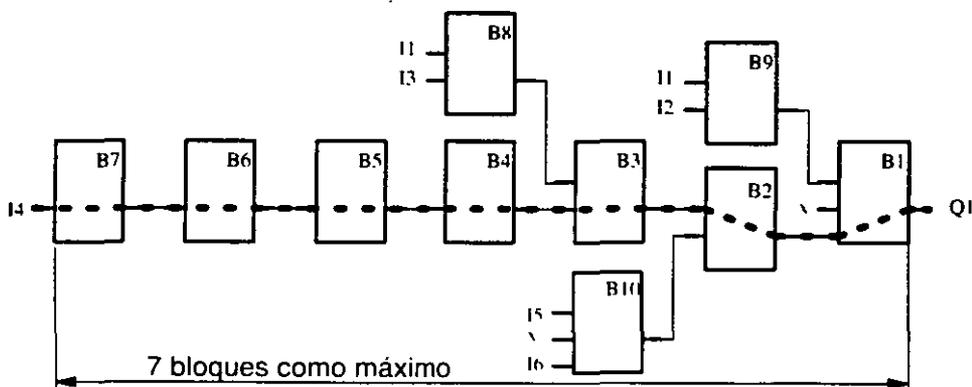
## 3.10 Capacidad de almacenamiento y magnitud de un circuito

Para un programa (o bien un esquema de circuitos) rigen determinadas limitaciones:

- Cantidad de bloques conectados en serie
- Capacidad de almacenamiento

### Cantidad de bloques conectados en serie

Entre una salida y una entrada es posible prever hasta **7 bloques** en serie.



### Capacidad de almacenamiento

LOGO! supervisa el aprovechamiento de la memoria, ofreciendo en las listas de funciones sólo aquellas funciones para las que aún baste efectivamente la capacidad de memoria.

A continuación se exponen a este respecto únicamente dos condiciones marginales que deberían tenerse presentes:

- En un programa son posibles **30 bloques** como máximo. Recordemos que un bloque puede ser tanto una sencilla función AND como una función especial compleja (p.ej. un contador de horas de servicio).
- Si se emplean varias funciones especiales, se reduce correspondientemente la cantidad de bloques posibles.

Para determinar exactamente la capacidad de memoria requerida, consultar el anexo C.

## 4 Módulos de programa LOGO!

El programa almacenado en LOGO! puede copiarse en un módulo de programa. Enchufando este módulo de programa en otro LOGO!, es posible copiar aquí el programa. El módulo de programa permite:

- Archivar programas
- Reproducir programas
- Enviar programas por correo
- Redactar y verificar programas en la oficina y transferirlos luego a otros LOGO! en el armario de conexiones.

LOGO! se suministra con una tapa de revestimiento. El módulo de programa/tarjeta se adjunta al equipo por separado.

---

### Nota

No se requiere este módulo para la protección permanente del programa en LOGO!.

Tras acabar la clase de servicio 'Programación', queda almacenado permanentemente el programa en LOGO!.

---

A continuación se exponen los tres módulos que se pueden adquirir para LOGO!. Todos ellos tienen capacidad suficiente para almacenar la memoria de programas completa de un LOGO!.

Módulo	Número de pedido	Aplicación
Módulo estándar	6ED1 056-1AA00-0AA0	Todas las variantes de LOGO!
Módulos de programa con "protección know-how" y remanencia	6ED1 056-4BA00-0AA0	
Módulos de programa con remanencia	6ED1 056-1BA00-0AA0	

## 4.1 Vista de conjunto de los módulos

Para saber las facilidades que ofrecen los diferentes módulos en las distintas variantes de LOGO!, se exponen éstos aquí en conjunto.

En la siguiente tabla general aparece un resumen de las aplicaciones posibles de los módulos. Busque el símbolo de su LOGO! para deducir qué módulos puede Ud. utilizar en el mismo:

LOGO!..	Módulo estándar (azul)	Módulo para datos remanentes (amarillo)	Módulo para programas protegidos y datos remanentes (rojo)
	Leer e inscribir programas Sustituible en todas las variantes	No utilizable	No utilizable
	Sustituible en todas las variantes Sustituible en todas las variantes de LOGO!...L	Leer e inscribir programas y datos remanentes Sustituible en todas las variantes de LOGO!...L	Inscribir programas Leer e inscribir datos remanentes Programas ejecutables sólo con el módulo enchufado
	Leer e inscribir programas Sustituible en todas las variantes de LOGO! LB11	Leer e inscribir programas y datos remanentes Sustituible en todas las variantes de LOGO!...L	Inscribir programas Leer e inscribir datos remanentes Programas ejecutables sólo con el módulo enchufado

### Nota

Para que puedan almacenarse datos remanentes en un módulo rojo o amarillo, su programa debe contener funciones cuyos datos actuales sean almacenables de forma remanente. Asimismo, debe estar activada la remanencia en las funciones parametrizables.

## Compatibilidad ascendente

Fundamentalmente, los módulos son sólo compatibles hacia arriba. De ello resulta lo siguiente:

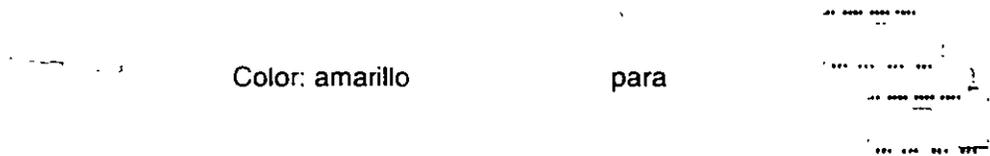
- Un módulo editado en una variante estándar puede ser leído en todas las otras variantes.
- Un módulo editado en una variante de LOGO!...L puede ser leído en las demás variantes de LOGO!...L, pero no en una variante estándar.
- Un módulo editado en una variante de LOGO!...LB11 puede ser leído en las demás variantes de LOGO!...LB11, pero no en una variante estándar ni en una de LOGO!...L.

## Módulo estándar



Este módulo es utilizable en todas las variantes de LOGO!. Los programas almacenados son sustituibles según lo expuesto en el apartado **Compatibilidad ascendente**. (véase arriba).

## Módulo de programa con remanencia



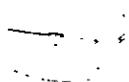
Este módulo es utilizable sólo en las variantes de LOGO!...L... Los programas almacenados son sustituibles discrecionalmente entre estos modelos.

Para la protección de los datos remanentes, tiene que estar enchufado siempre el módulo. En caso de fallar la tensión o de desconectarse la red, LOGO! almacena los datos remanentes en el módulo enchufado.

Funciones cuyos datos pueden almacenarse de forma remanente:

Función	Remanencia
Relé de impulsos	El estado de conmutación es almacenado
Relé con autorretención	El estado de conmutación es almacenado
Contador adelante/atrás	El estado de cómputo interno es almacenado
Contador de horas de servicio	El tiempo transcurrido es almacenado

### Módulo de programa con "protección know-how" y remanencia



Color: rojo

para

Este módulo es utilizable sólo en las variantes de LOGO!...L... No es posible observar, copiar ni modificar el programa que lleva almacenado. Es decir, que sus datos están protegidos.

Para que pueda ejecutarse un programa así protegido, el módulo debe permanecer enchufado en LOGO! durante toda la operación de la instalación.



#### Precaución

Si desea Ud. procesar ulteriormente su programa, tenga cuidado de no almacenarlo en un módulo con protección del programa.

En un módulo con "protección know-how" sólo es posible arrancar el programa, pero no leerlo para su procesamiento.

---

En caso de fallar la tensión o de desconectarse la red, LOGO! almacena los datos remanentes en el módulo enchufado.

## 4.2 Desmontaje e inserción del módulo de programa/tarjeta

Para retirar un módulo de programa, téngase en cuenta lo siguiente:

Módulo	Observaciones
Estándar	Es posible sustituir el módulo de programa estando el equipo conectado a la red y en el estado RUN o en la clase de servicio "Programación".
Remanencia	El módulo tiene que estar enchufado para que se puedan proteger los datos remanentes tras desconectarse la red. El módulo no es necesario para la ejecución del programa.
"Protección know-how" y remanencia	El programa almacenado en el módulo sólo es ejecutable si éste permanece enchufado durante toda la operación. Si se retira el módulo, LOGO! visualiza 'no program'.

En todo caso deberán observarse las indicaciones siguientes:



### Precaución

LOGO! 230 sólo podrá operar con la tapa colocada o un módulo de programa enchufado.

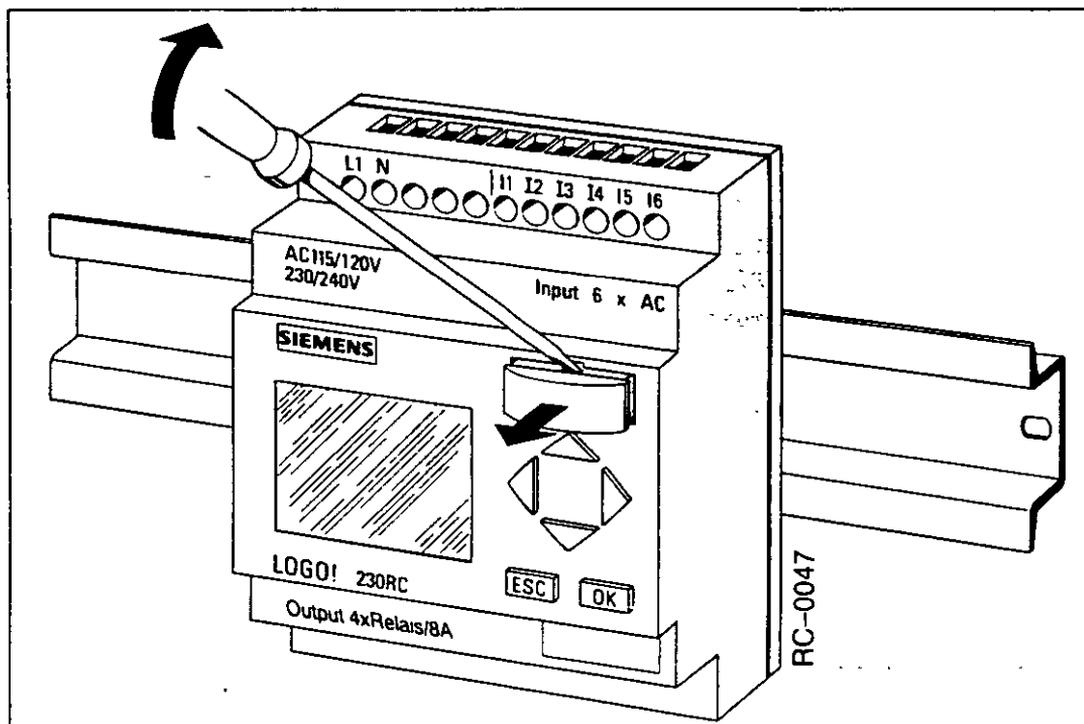
No introducir un dedo ni un objeto metálico o conductor en el receptáculo abierto del módulo de programa.

Si se efectuara el cableado indebidamente (L1 y N cambiados), podría haber aplicada una tensión al conector del módulo de programa.

El módulo de programa sólo podrá ser sustituido por un especialista cualificado.

### Desmontaje del módulo

Manera de retirar el módulo de programa:



Encajar un destornillador cuidadosamente en la ranura superior del módulo de programa y extraer éste algo del receptáculo.

Ahora puede retirarse el módulo de programa.

### Enchufar el módulo de programa

El receptáculo para el módulo de programa tiene una forma oblicua en la parte inferior derecha y el módulo de programa también tiene un borde oblicuo. Así resulta imposible enchufar el módulo de programa al revés. Introducir el módulo de programa en el receptáculo hasta que encaje.

### 4.3 Copiar el programa de LOGO! en el módulo de programa

Manera de copiar un programa en el módulo de programa:

1. Enchufar el módulo de programa/tarjeta en el receptáculo
2. Conmutar LOGO! al modo de servicio "Programación":  
Teclas ◀, ▶ y OK simultáneamente

```
>Program..
  PC/Card..
  Start
```

3. Desplazar `>` hacia "PC/Card": Tecla ▼
4. Pulsar la tecla OK. Se visualiza el menú de transferencia:

```
>PC↔LOGO
  LOGO→Card
  Card→LOGO
```

5. Desplazar `>` hacia `LOGO → Card`: Tecla ▼
6. Pulsar la tecla OK.

## Módulos de programa LOGO!

---

LOGO! copia ahora el programa en el módulo de programa. Durante el proceso de copiado, parpadea un '#' en la pantalla:

```
PC ↔ LOGO
> LOGO → Card
Card → LOGO
#
```

parpadea

Cuando LOGO! acaba de copiar, regresa automáticamente al menú principal:

```
Program. .
> PC/Card. .
Start
```

El programa se halla ahora también en el módulo de programa, siendo posible su retirada. **No olvidarse de colocar de nuevo la tapa.**

Si fallara la red mientras LOGO! está copiando, deberá volver a copiarse el programa tras la reposición de la red.

## 4.4 Copiar el programa del módulo de programa en LOGO!

Si se tiene un módulo de programa con un programa, es posible copiar éste en LOGO! de dos maneras diferentes:

- automáticamente al arrancar LOGO! (red conect.) o bien
- a través del menú "PC/Card" de LOGO!.

---

### Nota

Téngase en cuenta que no son legibles todos los módulos en todas las variantes de LOGO!. En caso dado, véase de nuevo el apartado 4.1.

---

### Copia automática al arrancar LOGO!

Procédase como sigue:

1. Conmutar LOGO! al modo de servicio "Programación".
2. Desconectar la tensión de alimentación de LOGO! (red descon.).
3. Retirar la tapa del receptáculo.
4. Enchufar el módulo de programa en el receptáculo.
5. Conectar nuevamente la tensión de alimentación de LOGO!.

Resultado: El programa es copiado desde el módulo de programa hacia LOGO!. Durante el proceso de copiado parpadea un '#' en la pantalla. Tan pronto como LOGO! acaba de copiar, se visualiza el menú principal:

```
>Program..
  PC/Card..
  Start
```

Ahora puede conmutarse LOGO! a RUN:

---

### Nota

Antes de conmutar LOGO! a RUN, cerciorarse de que no existe ningún peligro en la instalación que se va a controlar mediante LOGO!.

---

1. Desplazar el '>' a "Start": 2 × tecla ▼
2. Pulsar la tecla **OK**

### Copia a través del menú PC/Card

Observar los puntos indicados para la sustitución del módulo de programa.

Manera de copiar un programa del módulo de programa en LOGO!:

1. Enchufar el módulo de programa
2. Conmutar LOGO! a la clase de servicio "Programación":  
Teclas ◀, ▶ y **OK** simultáneamente

```
>Program..
  PC/Card..
  Start
```

3. Desplazar el '>' a "PC/Card": Tecla ▼
4. Pulsar **OK**. Se visualiza el menú de transferencia:

```
PC↔LOGO
LOGO→Card
>Card→LOGO
```

5. Desplazar el '>' a 'Card → LOGO': Teclas ▲ o ▼
6. Pulsar **OK**.

El programa es copiado desde el módulo de programa hacia LOGO!. Cuando LOGO! acaba de copiar, regresa automáticamente al menú principal.

## 5 Parametrización de LOGO!

Se entiende aquí por parametrización el ajuste de los parámetros para bloques. Es posible ajustar tiempos de retardo en funciones cronológicas, tiempos de activación para relojes de temporización, el valor de umbral para un contador, el intervalo de supervisión para un contador de horas de servicio y los umbrales de activación y desactivación para un conmutador de valor de umbral.

Los parámetros pueden ajustarse

- en el modo de servicio "Programación" o
- en el modo de servicio "Parametrización".

En el modo de servicio "Parametrización", el programador ajusta un valor para un parámetro.

Se ha previsto la clase de servicio "Parametrización" para poder modificar parámetros sin tener que alterar el programa. De esta forma, un portero puede p.ej. modificar tiempos sin tener que pasar al modo de servicio "Programación". Ventaja: El programa (y, por consiguiente, el circuito) permanecen protegidos, pero el usuario del circuito puede adaptarlos a los requisitos impuestos.

---

### Nota

En el modo de servicio "Parametrización", LOGO! sigue procesando el programa.

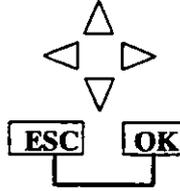
---

## 5.1 Conmutación al modo de servicio Parametrización

Para pasar al modo de servicio Parametrización, pulsar las teclas **ESC** y **OK** simultáneamente:

```
I:123456
Mo 09:00

Q:1234 RUN
```



LOGO! se conmuta al modo de servicio "Parametrización" y visualiza el menú de parametrización:

```
>Set Clock
Set Param
```

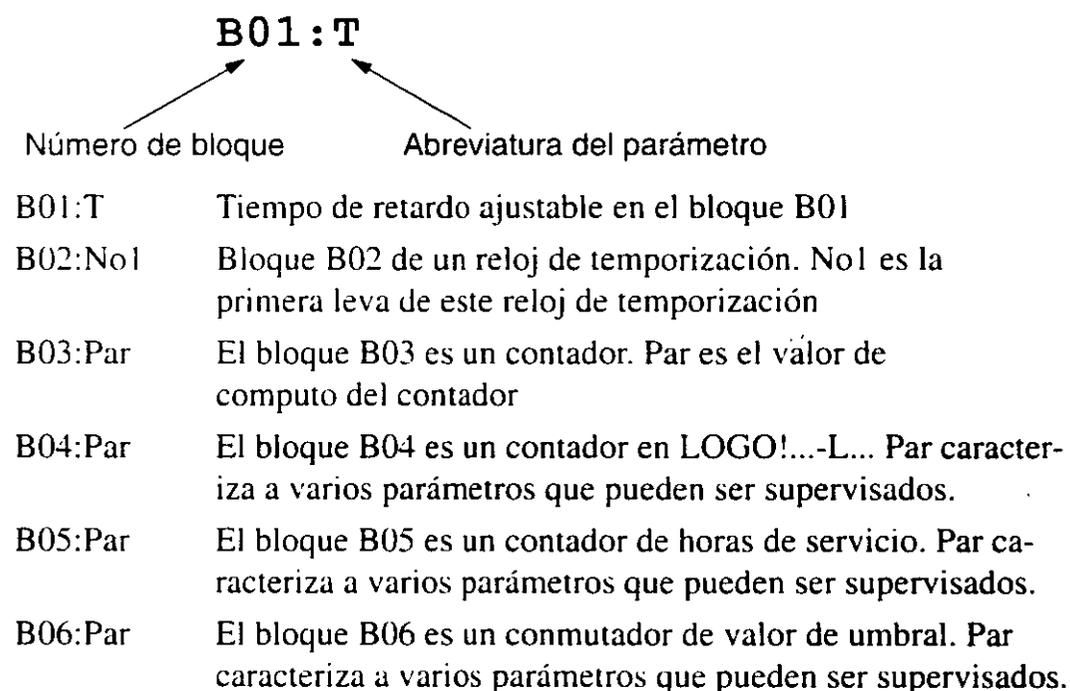
Sólo se ejecuta la opción del menú 'Set Clock' si el LOGO! utilizado cuenta con un reloj. Las variantes de LOGO! con reloj llevan en su designación una C (clock = reloj), p.ej. LOGO 230 RC. El reloj de LOGO! se ajusta a través de 'Set Clock'.

### 5.1.1 Parámetros

He aquí algunos parámetros:

- Tiempos de retardo de un relé temporizador
- Tiempos de activación (levas) de un reloj
- Valor de umbral para un contador
- Intervalo de supervisión para un contador de horas de servicio
- Umbrales de conmutación para un conmutador de valor de umbral

Cada parámetro se identifica mediante el número de bloque y la abreviatura del parámetro. Ejemplos:



## 5.1.2 Elección de parámetros

Para elegir un parámetro, procédase como sigue:

1. Posicionar la opción 'Set Param' en el menú de parametrización

```
Set Clock
>Set Param
```

2. Pulsar la tecla **OK**

LOGO! visualiza el primer parámetro:

```
B01:T
T = 12:00m
Ta = 00:00m
```

← Parámetro  
← Valor ajustado en el parámetro  
← Hora actual en LOGO!

Si no pudiera ajustarse ningún parámetro, LOGO! visualiza:

```
No Param
Press ESC
```

Ningún parámetro ajustable:  
Mediante ESC se regresa al menú de parametrización

3. Elegir ahora el parámetro deseado:      Teclas ▲ o ▼

LOGO! visualiza cada vez un parámetro dentro de una ventana propia.

4. Si se desea modificar un parámetro, elegir el mismo y pulsar la tecla **OK**.

### 5.1.3 Modificación de parámetros

Para modificar un parámetro, elegirlo primero (ver "Elección de parámetros").

El valor del parámetro se modifica, igual que al introducirlo, en el modo de servicio "Programación":

1. Llevar el cursor a la posición que desea modificarse: Teclas ◀ o ▶
2. Modificar el valor en esa posición: Teclas ▲ o ▼
3. Confirmar el valor: Tecla OK

B01:T  
 T = 01:00m  
 T<sub>a</sub> = 00:00m

Desplazar el cursor: teclas ◀ o ▶

Modificar el valor: teclas ▲ o ▼      Listo: tecla OK

En el modo de servicio "Parametrización" no se puede modificar la unidad del tiempo de retardo en el parámetro T. Ello sólo es posible en el modo de servicio "Programación".

#### Valor actual de un tiempo T

Cuando se visualiza un tiempo T en el modo de servicio "Parametrización", aparece lo siguiente:

B01:T  
 T = 12:00m  
 T<sub>a</sub> = 00:00m

Tiempo prefijado T

Hora actual T<sub>a</sub>

Es posible modificar el tiempo prefijado (ver "Modificación de parámetros").

### Valor actual del reloj de temporización

Al visualizar la leva de un reloj de temporización en el modo de parametrización, aparece p.ej. lo siguiente:

```
B02:No1 1
Day = Su
On = 09:00
Off = 10:00
```

Se visualiza el estado del reloj de temporización:

- 0** Reloj desconectado (estado '0' en la salida)
- 1** Reloj conectado (estado '1' en la salida)

LOGO! no visualiza el estado de una leva, sino el estado del reloj de temporización. El estado de éste depende de sus tres levass "No1", "No2" y "No3".

### Valor actual de un contador (Par)

Al visualizar el parámetro de un contador en el modo de parametrización, aparece lo siguiente:

```
B03:Par
Par = 0300 — Umbral de conmutación
Cnt = 0028 — Valor actual de cómputo
```

### Valor actual de un contador en LOGO!...L...

Al visualizar los parámetros de un contador en el modo de parametrización, aparece lo siguiente:

```
B04:Par
Lim=000100 — Umbral de conmutación
Cnt=000011 — Valor actual de cómputo
```



### Valor actual de un contador de horas de servicio

Al visualizar los parámetros de un contador de horas de servicio en el modo de parametrización, aparece lo siguiente:

<b>B05 : Par</b>	
<b>MI = 0050h</b>	Intervalo de supervisión
<b>MN = 0017h</b>	Tiempo restante
<b>OT = 00083h</b>	Horas de servicio acumuladas



### Valor actual de un conmutador de valor de umbral

Al visualizar el parámetro de un conmutador de valor de umbral en el modo de parametrización, aparece lo siguiente:

<b>B06 : Par</b>	
<b>SW↑ = 0050</b>	Umbral de activación
<b>SW↓ = 0048</b>	Umbral de desactivación
<b>fa = 0012</b>	Valor medido



## 5.2 Ajuste de la hora (LOGO! ...C)

Es posible ajustar la hora

- en el modo de servicio "Parametrización" o
- en el modo de servicio "Programación"

### Ajuste de la hora en el modo de servicio "Parametrización":

1. Conmutar al modo de servicio "Parametrización":  
Teclas **ESC** y **OK** simultáneamente
2. Elegir 'Set Clock' y pulsar **OK**

```
Set Clock
Day =_Mo
Time=09:06
```

El cursor se halla  
delante del día de  
la semana

```
Set Clock
_Mo 09:06
```

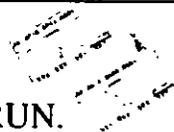
3. Elegir el día de la semana:           Teclas ▲ o ▼
4. Llevar el cursor a la próxima posición:   Teclas ◀ o ▶
5. Modificar el valor en esa posición:       Teclas ▲ o ▼
6. Ajustar el reloj a la hora correcta, repitiendo los pasos 4 y 5
7. Confirmar la introducción:           Tecla **OK**

**Ajuste de la hora en el modo de servicio "Programación":**

1. Conmutar al modo de servicio "Programación":  
      Teclas ◀, ▶ y **OK** simultáneamente
2. Elegir 'Programm..' y pulsar **OK**
3. Elegir (teclas ▼ o ▲) 'Set Clock' y pulsar la tecla **OK**

Ahora puede ajustarse el día de la semana y la hora según se describe arriba a partir del punto 3.

**Cambio entre el horario de verano y el de invierno:**



Para conmutar la hora debe hallarse LOGO!...L... en el estado RUN.

1. En caso dado, cerrar el modo de servicio "Programación" o "Parametrización" y conmutar LOGO!...L... a RUN.

```
I:12345678
9 10 11 12
Mo 09:17
Q:12345678
```

Indicación de la hora

2. Pulsar las teclas **OK**, así como **▲**.

La hora actual es adelantada en una hora.

```
I:12345678
9 10 11 12
Mo 10:17
Q:12345678
```

Indicación de la hora tras el cambio

La conmutación en el sentido contrario se efectúa análogamente:

3. Pulsar las teclas **OK**, así como **▼**.

La hora actual es retrasada en una hora.

```
I:12345678
9 10 11 12
Mo 09:17
Q:12345678
```

Indicación de la hora tras el cambio

## 6 LOGO!-Soft

Para los PC se prevé el paquete de programas LOGO!-Soft V 2.0. Este software incluye las facilidades siguientes:

- Creación de programas offline para sus aplicaciones
- Simulación de su circuito (o su programa) en el ordenador
- Generación e impresión de un esquema de conjunto del circuito
- Protección de los datos del programa en el disco duro u otro medio
- Transporte del programa
  - desde LOGO! al PC
  - desde el PC a LOGO!

### Alternativa

Por consiguiente, LOGO!-Soft ofrece una alternativa a la planificación convencional:

1. Le permite desarrollar sus aplicaciones previamente en el escritorio
2. Le permite simular su aplicación en el ordenador y comprobar su funcionalidad aún antes de utilizar el circuito en la práctica
3. Le permite imprimir el circuito completo en un esquema de conjunto o en varios esquemas de conjunto clasificados por salidas
4. Le permite archivar sus circuitos en el sistema de ficheros de su PC, con lo que un circuito vuelve a quedar disponible directamente para modificaciones posteriores
5. Le permite transferir el programa a LOGO! pulsando sólo algunas teclas: su LOGO! queda convertido en un tiempo mínimo.

## 6.1 Aplicaciones posibles de LOGO!-Soft

Es posible trabajar con LOGO!-Soft tanto en combinación con LOGO! (online) como en servicio autónomo (offline).

A tal efecto, deben cumplirse las condiciones siguientes:

LOGO!-Soft no enlazado con LOGO! (offline)	LOGO!-Soft en combinación con LOGO! (online)
PC compatible con Windows desde versión 3.1, Windows 95 o Windows NT	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOGO!-Soft desde versión 2.0</li> <li>• Capacidad libre en el disco duro para instalación completa: 7 MB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOGO!-Soft desde versión 2.0</li> <li>• Capacidad libre en el disco duro para instalación completa: 7 MB</li> <li>• LOGO! ....</li> <li>• Cable de PC para enlazar el PC con LOGO! ....</li> </ul>

### Instalación y manejo

Antes de la instalación, leer el fichero "Readme.txt" en el disquete de instalación.

Para instalar el software, seguir las instrucciones que se dan en el programa de instalación. Este puede solicitarse como sigue:

1. Elegir la aplicación SETUP.EXE y arrancar
  - Windows 3.1 p.ej. a través del administrador de archivos
  - Windows 95 y Windows NT 4.0 a través de **Arranque▶Ejecutar** y marcando la línea: A:\Setup
2. Seguir las instrucciones que se dan en el programa de instalación.

Lo más conveniente es que siga aprendiendo el manejo del software directamente en el equipo. Si tuviera Ud. alguna pregunta, consulte la ayuda online del software.

### Pasos restantes

En el paso siguiente se expone la manera de conectar LOGO! a un PC. Ignore este paso si actualmente Ud. sólo cuenta con el software.

En la segunda parte del capítulo se describen sucintamente los puntos de menú especiales que no forman parte del software Windows.

## 6.2 Conexión de LOGO! con un PC

### Conectar el cable de PC

Para poder conectar LOGO! con un PC, se requiere el cable de PC para LOGO!.

Retirar la tapa o el módulo de programa y enchufar el cable en el receptáculo.

### Conmutar LOGO! al modo de servicio "PC↔LOGO"

Para que el PC pueda tener acceso a LOGO!, éste debe estar en modo "PC ↔ LOGO". Esto se realiza de la siguiente manera:

1. Conmutar LOGO! a la clase de servicio "Programación":  
Teclas ◀, ▶ y OK simultáneamente
2. Elegir 'PC/Card':  
Teclas ▼ o ▲
3. Pulsar OK
4. Elegir "PC ↔ LOGO":  
Teclas ▼ o ▲
5. Pulsar OK

LOGO! se halla ahora en el modo "PC ↔ LOGO" y visualiza:

<p>PC ↔ LOGO</p> <p>STOP:</p> <p>Press ESC</p>
--

El PC puede tener ahora acceso a LOGO!. Para saber cómo se efectúa esto, consulte directamente la ayuda online de LOGO!-Soft.

El enlace con el PC se interrumpe pulsando ESC.

### Conmutar LOGO! al modo de servicio PC↔LOGO durante la conexión

1. Desconectar la red
2. Retirar la tapa o el módulo de programa y enchufar el cable en el receptáculo.
3. Conectar la red

LOGO! se conmuta automáticamente a la clase de servicio "PC ↔ LOGO".

## 6.3 Utilización de LOGO!-Soft en LOGO!

Para operar LOGO!-Soft con LOGO!, sírvase de los registros del punto de menú LOGO!. Se prevén los registros siguientes:

- **Elegir LOGO!:** Para adaptar LOGO!-Soft a su variante de LOGO!. Esto es necesario para que sean soportadas todas las funciones de LOGO!.
- **PC→LOGO!:** Para transferir a LOGO! un programa generado mediante LOGO!-Soft.
- **LOGO!→PC:** Para transferir a LOGO!-Soft un programa generado mediante LOGO!.
- **Establecer enlace:** Para determinar el interfaz en serie del PC a través del que deben intercambiarse los datos con LOGO!.

# 7 Aplicaciones

Para que pueda tenerse una visión de conjunto de las múltiples aplicaciones posibles de LOGO!, exponemos aquí algunos ejemplos de utilización. A tal efecto, representamos el esquema de los circuitos previstos para la solución original. A continuación mostramos el cableado y el esquema de conexiones para las soluciones propuestas mediante LOGO!.

En el presente capítulo se incluyen soluciones para los cometidos siguientes:

Alumbrado de escaleras o de pasillos .....	105
Puerta automática .....	110
Instalación de ventilación .....	117
Portón corredizo .....	121
Activación y supervisión centralizadas de varios portones corredizos	125
Cadenas luminosas .....	129
Bomba de aguas residuales .....	133
Activación y supervisión centralizadas de bombas .....	137
Torno desarrollador .....	141
Otras aplicaciones posibles .....	144

---

## Nota

Ponemos a disposición de nuestros clientes gratuitamente estas aplicaciones LOGO!. Los ejemplos descritos aquí son sin compromiso y sirven como información general acerca de las aplicaciones posibles con LOGO!. Las aplicaciones específicas de los clientes pueden diferir de las mismas.

El propio usuario es responsable del funcionamiento correcto de su sistema. Hacemos referencia a las respectivas normas vigentes en cada país y a las directrices de instalación correspondientes a cada sistema.

Reservados errores y modificaciones.

---

Estas aplicaciones, así como sugerencias para otras, las hallará Ud. en Internet bajo la dirección <http://www.AUT.Siemens.DE>. Busque allí LOGO!.

## 7.1 Alumbrado de escaleras o de pasillos

### 7.1.1 Requisitos impuestos a un alumbrado de escalera

A la instalación de alumbrado para una escalera se imponen en principio los requisitos siguientes:

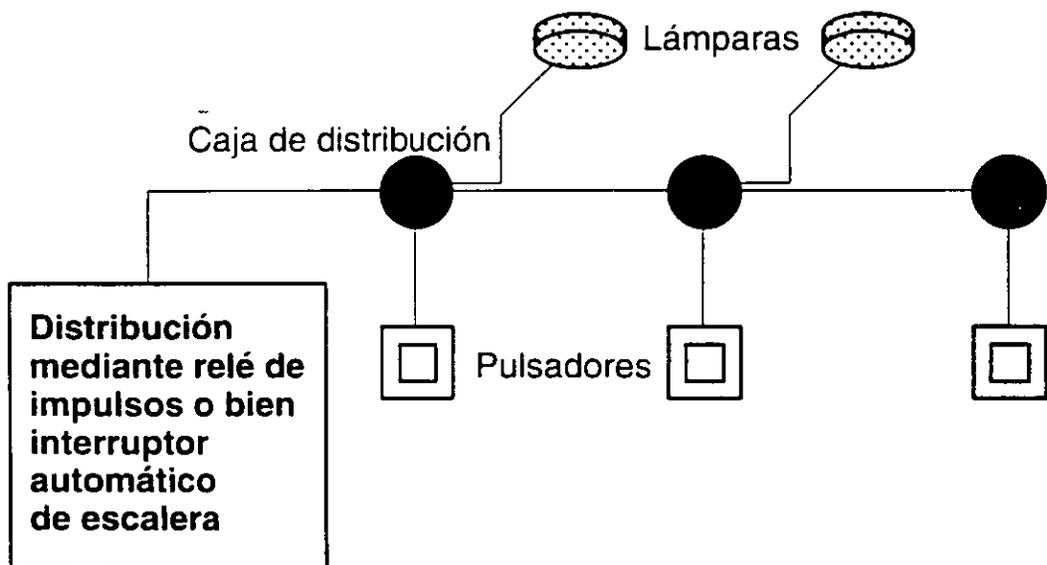
- La luz ha de encenderse cuando se halle alguien en la escalera.
- La luz debe estar apagada cuando no haya nadie en la escalera, a fin de ahorrar energía.

### 7.1.2 Solución hasta ahora

Hasta ahora había dos posibilidades de conectar el alumbrado:

- mediante un relé de impulsos
- mediante un interruptor automático de escalera

El cableado para ambas instalaciones de alumbrado es idéntico.



#### Componentes utilizados

- Pulsadores
- Interruptor automático de escalera o relé de impulsos

### Instalación de alumbrado con relé de impulsos

Cuando se emplea un relé de impulsos, la instalación de alumbrado presenta el comportamiento siguiente:

- Accionando un pulsador cualquiera, se conecta el alumbrado
- Accionando de nuevo un pulsador cualquiera, se desconecta el alumbrado.

**Desventaja:** A menudo se olvida apagar la luz.

### Instalación de alumbrado con interruptor automático de escalera

Cuando se emplea un interruptor automático de escalera, la instalación de alumbrado presenta el comportamiento siguiente:

- Accionando un pulsador cualquiera, se conecta el alumbrado
- Una vez transcurrido el tiempo prefijado, se desconecta el alumbrado automáticamente.

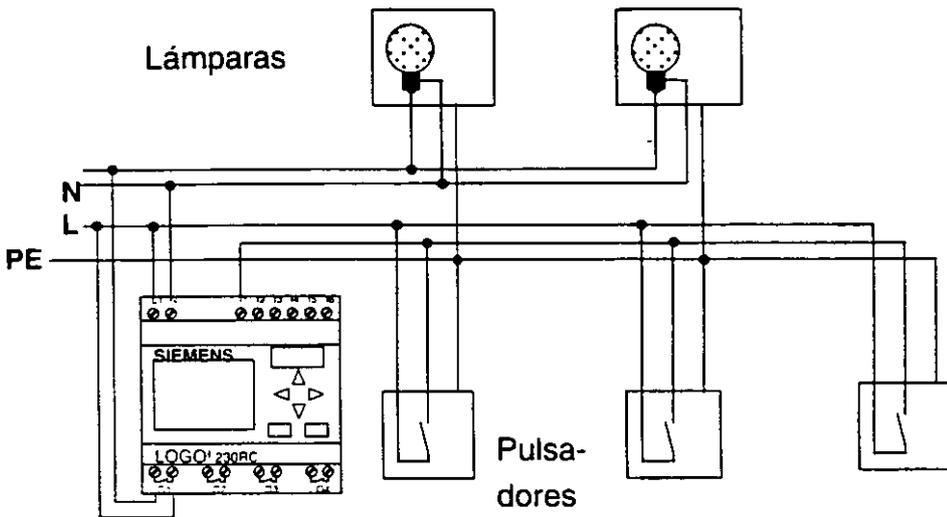
**Desventaja:** La luz no puede quedar encendida durante más tiempo (p.ej. para la limpieza). El conmutador de alumbrado continuo se halla casi siempre dentro del interruptor automático de escalera, al cual no se accede fácilmente.

### 7.1.3 Instalación de alumbrado mediante LOGO!

Mediante LOGO! se puede prescindir del interruptor automático de escalera o del relé de impulsos. Es posible realizar ambas funciones (desactivación temporizada y relé de impulsos) en un solo equipo. Además, pueden implementarse otras funciones sin necesidad de modificar el cableado. He aquí algunos ejemplos:

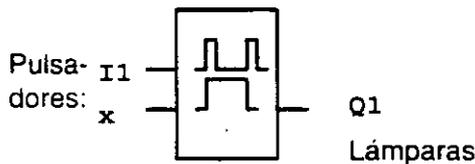
- Relé de impulsos mediante LOGO!
- Interruptor automático de escalera mediante LOGO!
- LOGO! como conmutador de confort con las funciones siguientes:
  - Encender la luz: Accionar el pulsador  
(la luz vuelve a apagarse al cabo del tiempo prefijado)
  - Conectar alumbrado continuo: Accionar el pulsador 2 veces
  - Apagar la luz: Mantener accionado el pulsador 2 segundos

## Cableado de la instalación de alumbrado mediante LOGO! 230RC



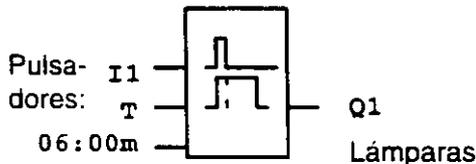
El cableado exterior de una instalación de alumbrado mediante LOGO! no se distingue del de una instalación de alumbrado de pasillos o de escalera convencional. Únicamente son sustituidos el interruptor automático de escalera o el relé de impulsos. Las funciones adicionales se introducen directamente en LOGO!.

### Relé de impulsos mediante LOGO!



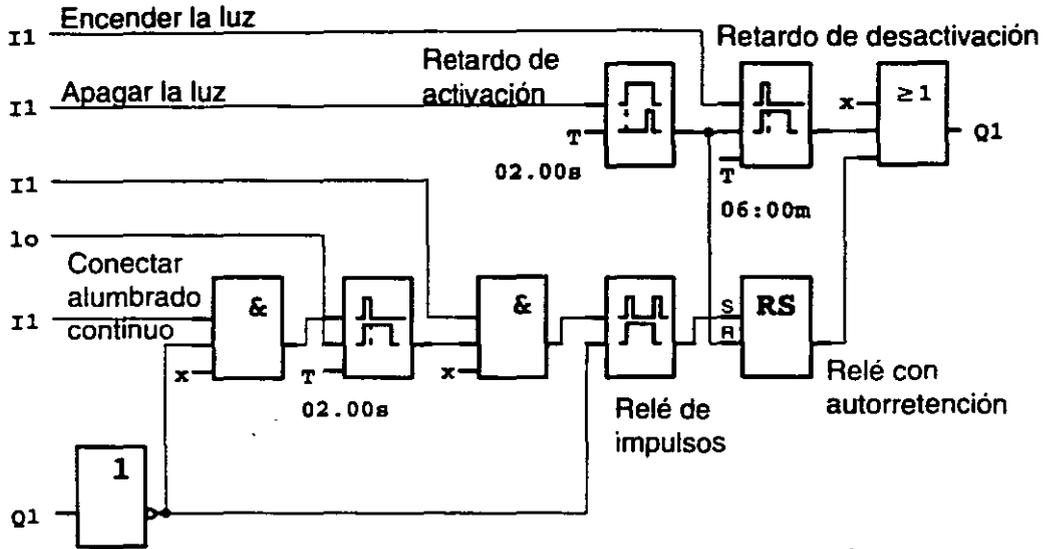
Al recibirse un impulso en la entrada I1, se conecta la salida Q1.

### Interruptor automático de escalera mediante LOGO!



Al recibirse un impulso en la entrada I1, se conecta la salida Q1 y permanece activada durante 6 minutos.

**Pulsador de confort mediante LOGO!**



En este esquema de conexiones se muestra el circuito para una entrada con la salida correspondiente.

El pulsador de confort ofrece las posibilidades siguientes:

- **Accionar el pulsador:** Se enciende la luz, volviendo a apagarse después de transcurrir el tiempo ajustado ( $T=06:00m$ ) de 6 minutos (desactivación temporizada)
- **Accionar el pulsador 2 veces:** Se conecta el alumbrado continuo (el relé con autorretención "B04" es excitado a través del relé de impulsos)
- **Mantener accionado el pulsador durante 2 segundos:** Se apaga la luz (el retardo de activación desconecta tanto la luz normal como el alumbrado continuo; por lo tanto, en el esquema se prevé 2 veces esta bifurcación del circuito)

Estos circuitos pueden introducirse también para las demás entradas y salidas. En vez de 4 interruptores automáticos de escalera o 4 relés de impulsos se utiliza entonces un solo LOGO!. Por otro lado, las entradas y salidas aún libres también pueden preverse para funciones completamente diferentes.

### **7.1.4 Peculiaridades y ampliaciones posibles**

Existen aún otras posibilidades para aumentar el confort o ahorrar energía, como por ejemplo:

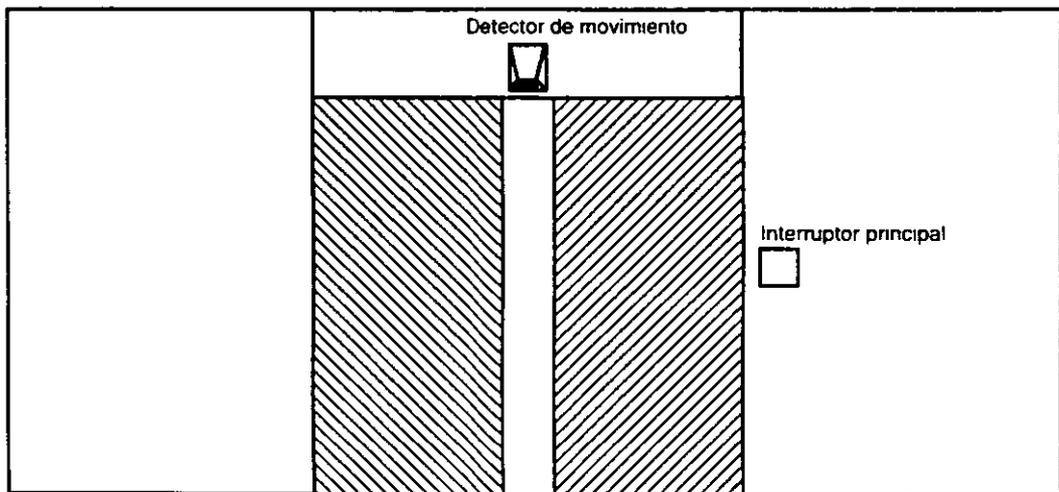
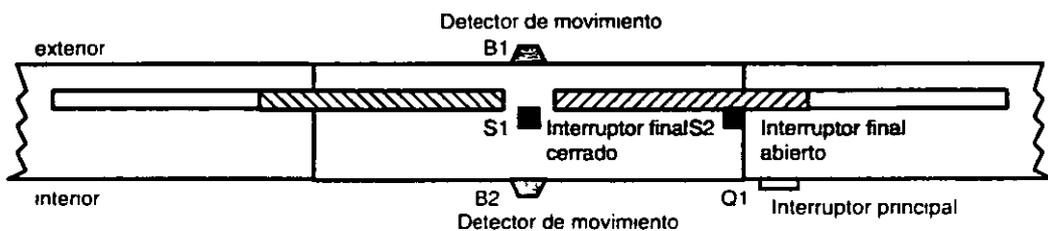
- Se puede prever una función de parpadeo antes de que la luz se apague automáticamente.
- Es posible integrar distintas funciones centrales:
  - Desconexión central
  - Conexión central (pulsador de pánico)
  - Control de todas las lámparas o distintos circuitos a través de sensores de luminosidad
  - Control a través del reloj de temporización integrado (p.ej. alumbrado continuo sólo hasta las 12 de la noche o sin liberación a determinadas horas)
  - Desconexión automática del alumbrado continuo después de transcurrir un tiempo prefijado (p.ej. al cabo de 3 horas)

## 7.2 Puerta automática

Los controles automáticos de puertas se hallan a menudo en los accesos a supermercados, edificios públicos, bancos, hospitales, etc.

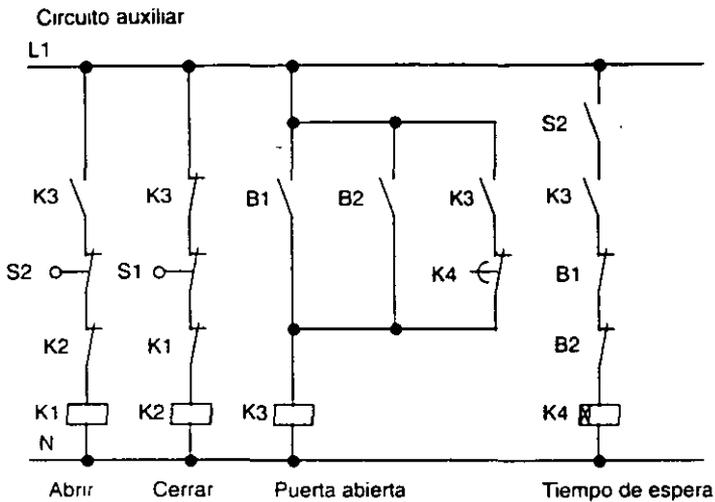
### 7.2.1 Requisitos impuestos a una puerta automática

- La puerta debe abrirse automáticamente al acercarse una persona.
- La puerta debe permanecer abierta mientras se halle alguien en la zona de acceso.
- Cuando ya no haya ninguna persona en la zona de acceso, debe cerrarse automáticamente la puerta tras un breve tiempo de espera.



La mayoría de las veces, la puerta es accionada por un motor que desplaza la puerta a través de un acoplamiento elástico. Se evitan así las posibles lesiones de personas que queden aprisionadas. El control entero está conectado a la red a través de un interruptor principal.

## 7.2.2 Solución hasta ahora



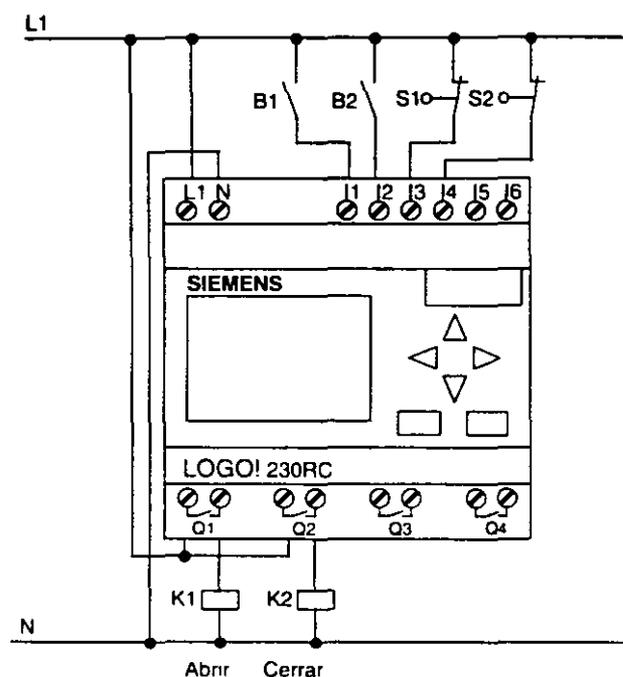
Tan pronto como uno de los detectores de movimiento B1 ó B2 distingue una persona, se inicia la apertura de la puerta a través de K3.

Tras quedar libre la zona de detección de ambos detectores de movimiento durante un tiempo mínimo, K4 inicia el proceso de cierre.

## 7.2.3 Control de puerta mediante LOGO!

LOGO! permite simplificar el circuito considerablemente. Ahora ya es sólo necesario conectar a LOGO! los detectores de movimiento, los interruptores finales y el contactor principal.

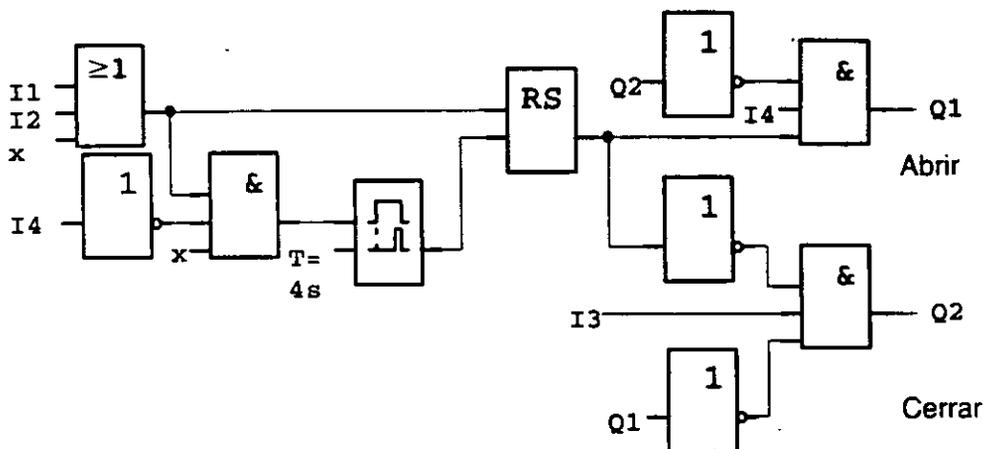
## Cableado del control de puerta mediante LOGO! 230RC



### Componentes utilizados

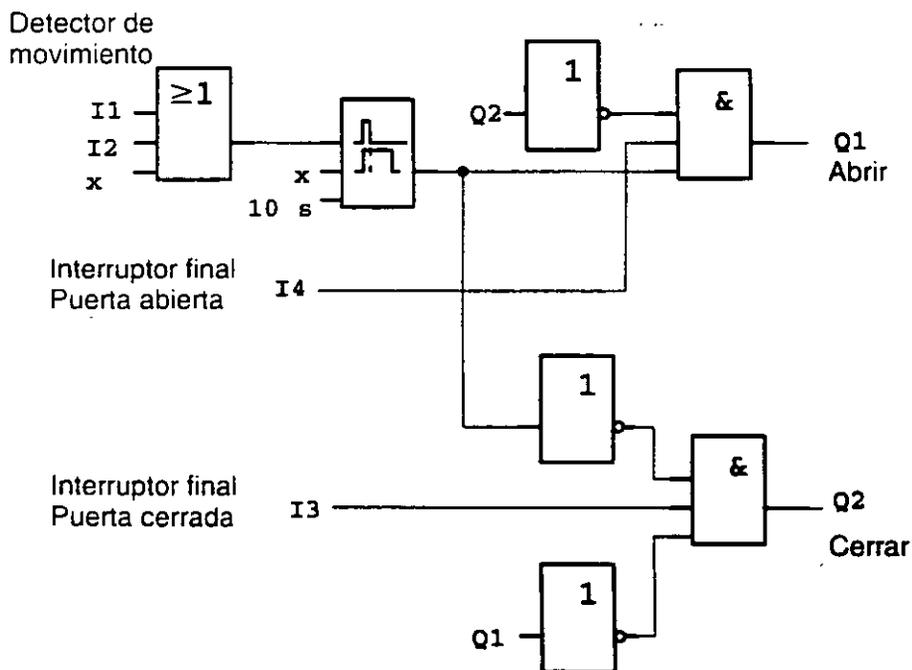
- K1                                      Contactor principal *Abrir*
- K2                                      Contactor principal *Cerrar*
- S1 (*apertura*)                      Interruptor final *Cerrado*
- S2 (*apertura*)                      Interruptor final *Abierto*
- B1 (*cierre*)                         Detector de movimiento a infrarrojos *exterior*
- B2 (*cierre*)                         Detector de movimiento a infrarrojos *interior*

### Esquema de circuitos del control de puerta mediante LOGO!



Este es el esquema funcional equivalente al circuito de la solución convencional.

Es posible simplificar este esquema aprovechando las funciones que ofrece LOGO!. Con ayuda del retardo de desactivación, se puede prescindir del relé con autorretención y del retardo de activación. Esta simplificación se muestra en el siguiente esquema funcional:



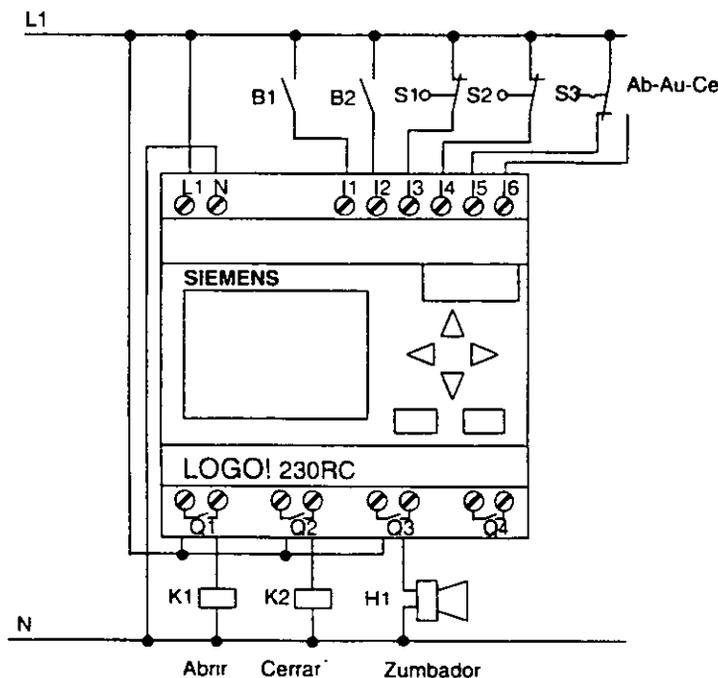
## 7.2.4 Peculiaridades y ampliaciones posibles

Existen aún otras posibilidades para aumentar el confort y la facilidad de manejo, como por ejemplo:

- Es posible conectar un conmutador de control adicional con las posiciones: Abierto – Automático – Cerrado (Ab-Au-Ce)
- Es posible conectar un zumbador a una salida de LOGO!, para anunciar el cierre de la puerta.
- Es posible prever una liberación de la apertura de la puerta en función del tiempo y de la posición (abrir sólo durante las horas de apertura del establecimiento; abrir sólo desde el interior tras el cierre del establecimiento).

## 7.2.5 Solución ampliada de LOGO! 230RC

### Cableado de la solución ampliada de LOGO! 230RC



## Peculiaridades y ampliaciones posibles

o más posibilidades para aumentar el confort y la facilidad de uso, como por ejemplo:

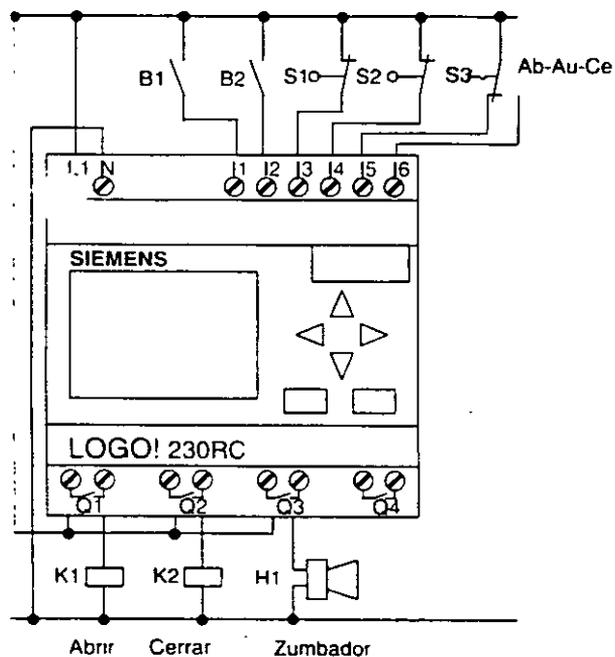
es posible conectar un conmutador de control adicional con las posiciones Abierto – Automático – Cerrado (Ab-Au-Ce)

es posible conectar un zumbador a una salida de LOGO!, para anunciar el cierre de la puerta.

es posible prever una liberación de la apertura de la puerta en función del tiempo y de la posición (abrir sólo durante las horas de apertura del establecimiento; abrir sólo desde el interior tras el cierre del establecimiento).

## Solución ampliada de LOGO! 230RC

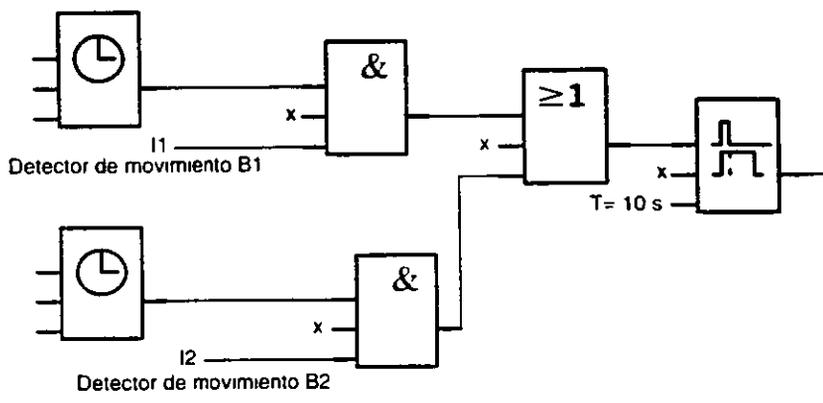
### Esquema de la solución ampliada de LOGO! 230RC



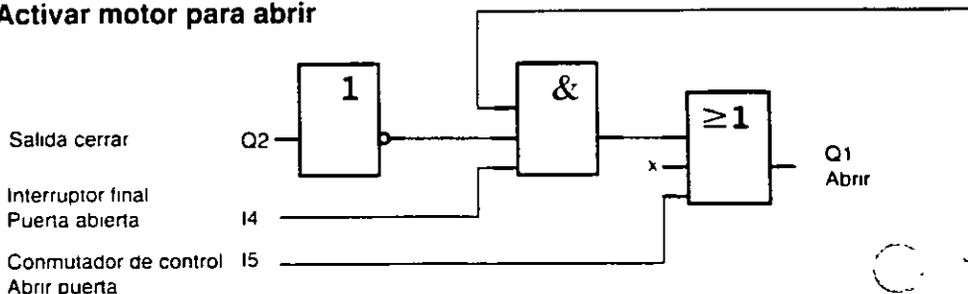
## Esquema funcional de la solución ampliada de LOGO!

**No1:**  
 Day= Mo..Fr  
 On = 09:00  
 Off =18:00  
**No2:**  
 Day= Sa  
 On = 08 00  
 Off =13:00

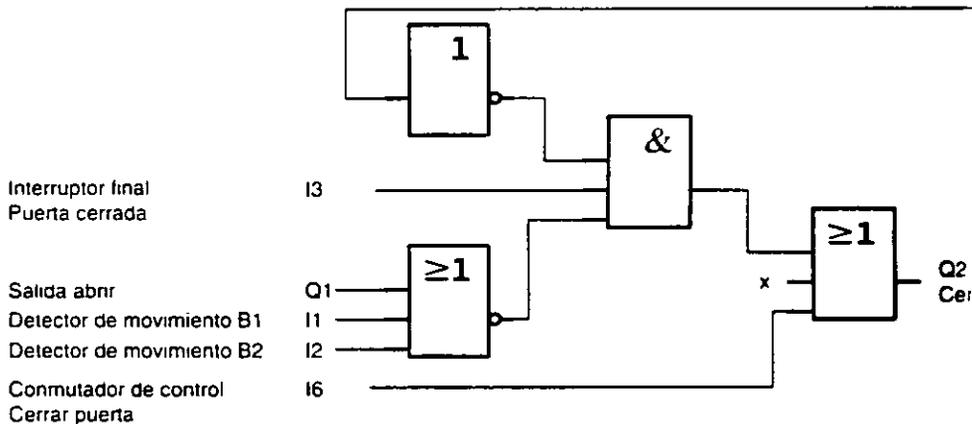
### Detectar movimientos



### Activar motor para abrir



### Activar motor para cerrar



### Detectar movimientos

Durante las horas de apertura, el detector de movimiento B1 abre la p tan pronto como alguien desee entrar en el establecimiento. El detecto movimiento B2 abre la puerta tan pronto como alguien desee abandonar establecimiento.

abrar el horario de apertura, el detector de movimiento B2 sigue  
do la puerta durante una hora para que todos los clientes puedan aban-  
el establecimiento.

**cción del motor para abrir**

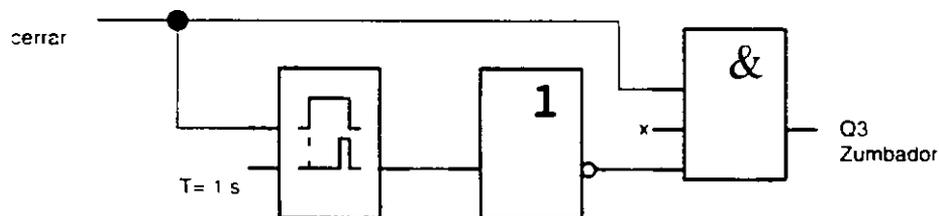
da Q1 está activada y abre la puerta cuando  
onmutador de control está accionado en I5 (la puerta debe estar  
erta siempre) o  
detectores de movimiento avisan que alguien se está acercando a la  
erta y  
puerta no está aún abierta enteramente (interruptor final en I4).

**cción del motor para cerrar**

da Q2 está activada y cierra la puerta cuando  
onmutador de control está accionado en I6 (la puerta debe estar ce-  
la siempre) o  
detectores de movimiento indican que no hay nadie cerca de la  
erta y  
puerta no está aún cerrada enteramente (interruptor final en I3).

**ador**

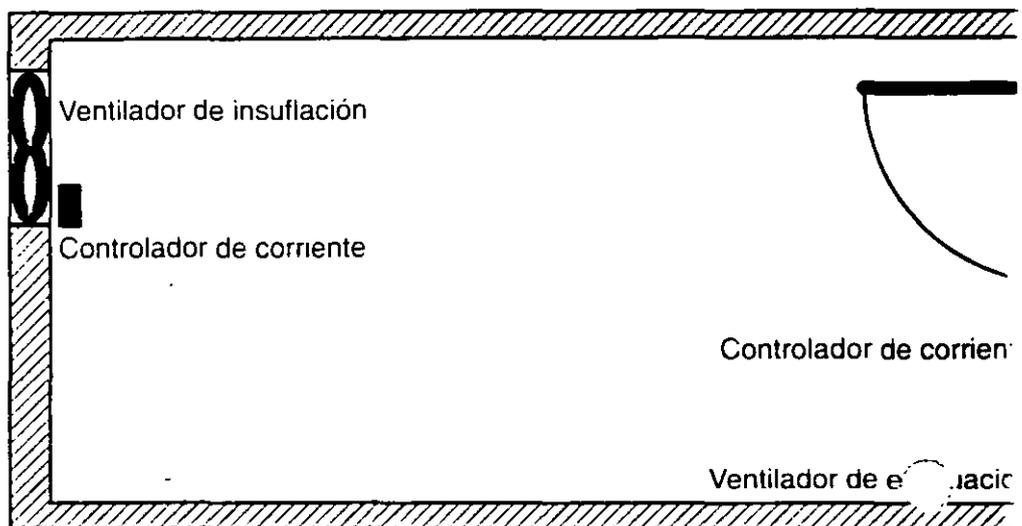
ador se conecta a la salida Q3. Al cerrarse la puerta suena el zumba-  
ve. mente (en este caso 1 segundo). En el esquema de conexiones debe  
icirse en Q3 el circuito siguiente:



## 7.3 Instalación de ventilación

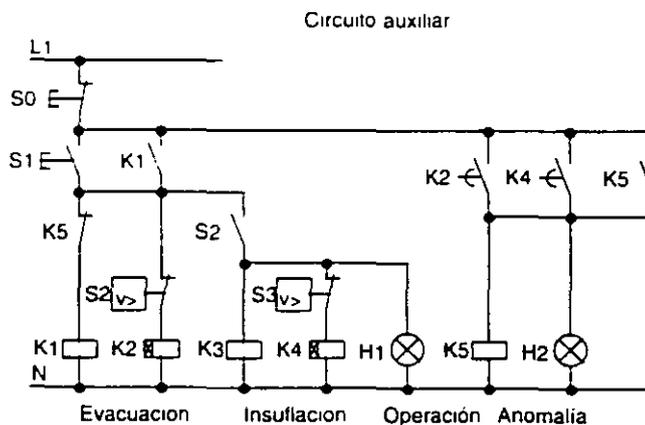
### 7.3.1 Requisitos impuestos a una instalación de ventilación

Una instalación de ventilación sirve o bien para introducir aire fresco al recinto o bien para evacuar el aire viciado dentro de un recinto. Consideremos el ejemplo siguiente:



- El recinto contiene un ventilador de evacuación y un ventilador de insuflación.
- Cada ventilador es supervisado mediante un controlador de corriente.
- En el recinto no debe producirse nunca sobrepresión.
- Sólo podrá activarse el ventilador de insuflación cuando el controlador de corriente notifique el funcionamiento correcto del ventilador de evacuación.
- Una lámpara de aviso indica si falla alguno de los ventiladores.

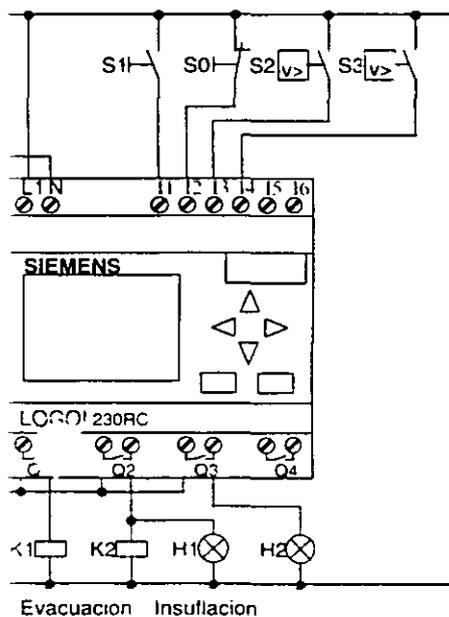
He aquí el esquema de circuitos para la solución adoptada hasta ahora



entiladores son supervisados mediante controladores de corriente. Si detecta ninguna corriente de aire, es desconectada la instalación al breve tiempo de espera y se notifica una anomalía, que puede marse accionando el pulsador de desconexión.

ervisión de ventiladores requiere, además de los controladores de nte, un circuito de evaluación con varios elementos conmutadores. El o de evaluación puede ser sustituido por un solo LOGO!.

### Estado de la instalación de ventilación mediante LOGO! 230RC

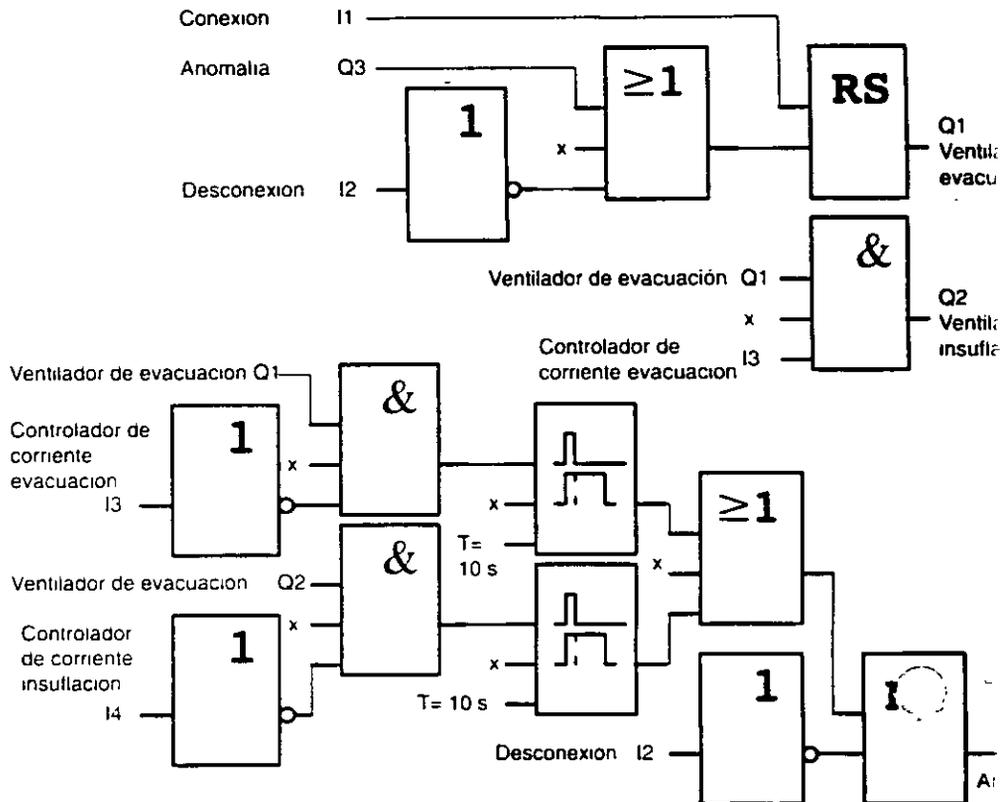


### Componentes utilizados

- 3 Contactor principal
- 3 Contactor principal
- 1 (apertura) Pulsador PARADA
- 1 (cierre) Pulsador ARRANQUE
- 1 (cierre) Controlador de corriente
- 1 (cierre) Controlador de corriente
- 1 Lámpara de aviso
- 2 Lámpara de aviso

## Esquema de conexiones de la solución LOGO!

He aquí el esquema de conexiones para el control de ventilación media LOGO!:



### 7.3.2 Ventajas al utilizar LOGO!

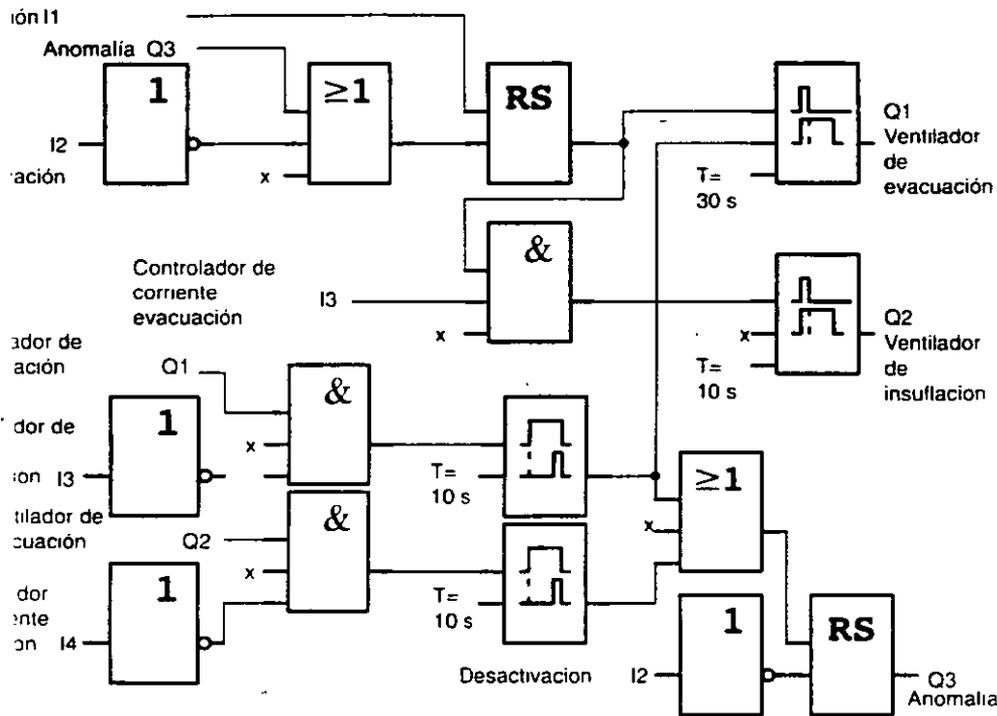
Si se emplea LOGO! se requieren menos elementos conmutadores, ahorrándose así tiempo de montaje y espacio en el armario de conexiones. En todos los casos es incluso posible utilizar un armario de conexiones más pequeño.

#### Posibilidades adicionales al utilizar LOGO!

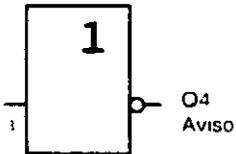
- Salida libre Q4 utilizable como contacto de aviso libre de potencia anomalías o caída de la tensión de red.
  - Tras la desconexión pueden desactivarse los ventiladores sucesivamente.
- Estas funciones se pueden realizar sin elementos conmutadores adicionales.

**ema funcional de la solución ampliada LOGO!**

os ventiladores conectados a Q1 y Q2 son activados/desactivados me-  
el circuito siguiente:

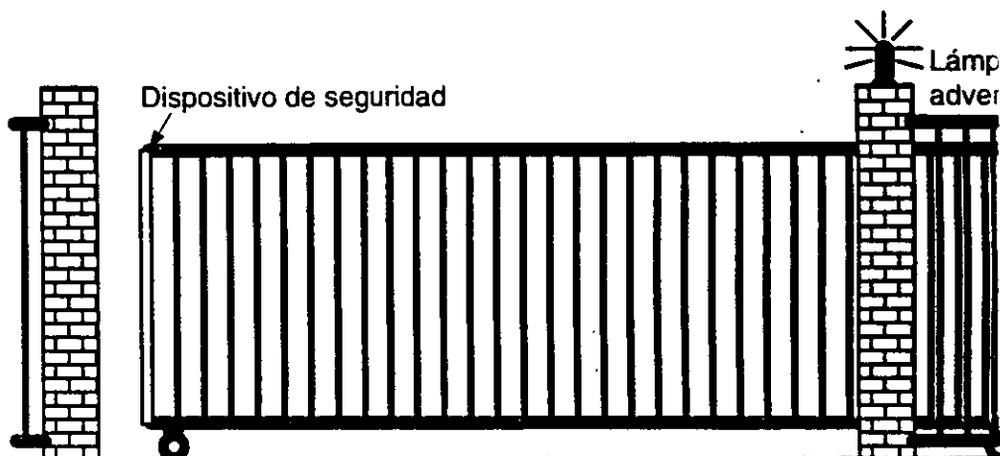


és de la salida Q4 se puede generar además otro aviso:



ntactos del relé en la salida Q4 están cerrados siempre cuando fun-  
la instalación. desconectándose el relé Q4 sólo en caso de interrup-  
a tensión de red o de fallar la instalación. Este contacto se puede apro-  
p.ej. para un aviso a distancia.

## 7.4 Portón corredizo



El acceso al recinto de una empresa está protegido en numerosos casos mediante un portón corredizo, que sólo es abierto cuando algún vehículo entra en el recinto o sale del mismo.

El manejo del control del portón corre a cargo del portero.

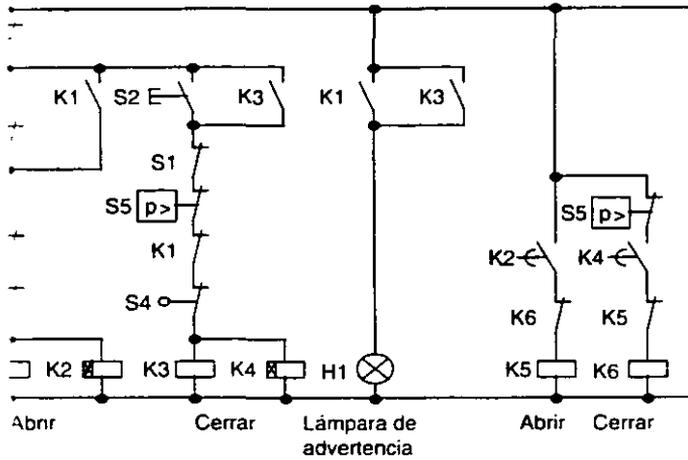
### 7.4.1 Requisitos impuestos al control del portón

- El portón es abierto y cerrado mediante pulsadores desde la portería. El portero puede supervisar el funcionamiento del portón.
- Normalmente, el portón se abre o cierra por completo. Sin embargo, el desplazamiento puede interrumpirse en cualquier instante.
- Una lámpara intermitente de advertencia luce 5 segundos antes de cerrarse el portón y durante el desplazamiento de éste.
- Mediante un dispositivo de seguridad se evita que al cerrarse el portón puedan resultar lesionadas personas o se aprisionen y deterioren objetos.

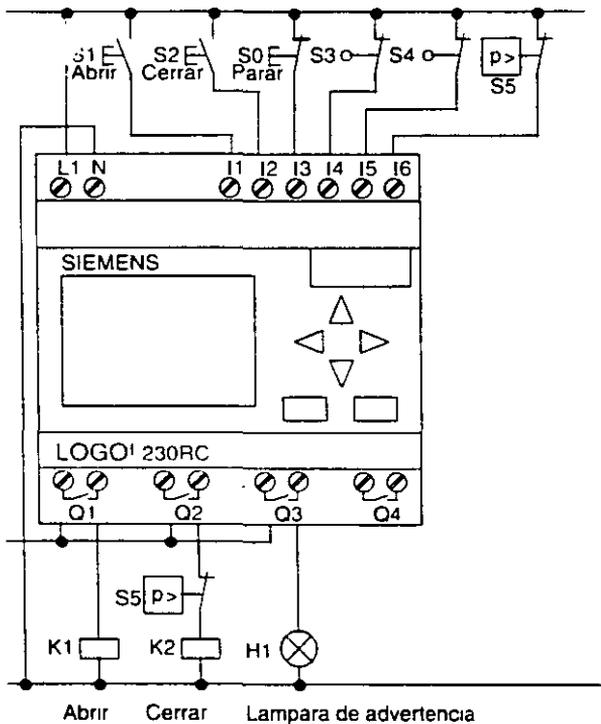
## 2 Solución hasta ahora

El funcionamiento de portones automáticos se utilizan diferentes control. El esquema siguiente representa *un* circuito posible para controlar un portón.

Alimentación auxiliar



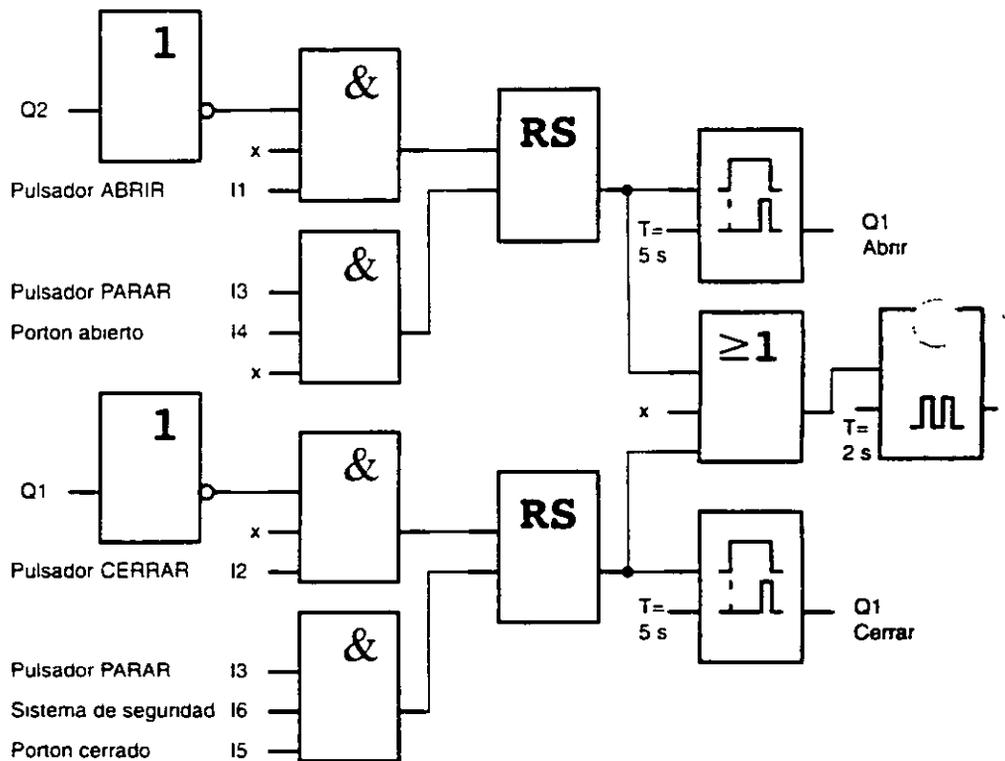
## Estado del control de portón mediante LOGO! 230RC



### Componentes utilizados

- K1                      Contactor principal
- K2                      Contactor principal
- S0 (*apertura*)        Pulsador PARAR
- S1 (*cierre*)           Pulsador ABRIR
- S2 (*cierre*)           Pulsador CERRAR
- S3 (*apertura*)        Conmutador de posición ABIERTO
- S4 (*apertura*)        Conmutador de posición CERRADO
- S5 (*apertura*)        Sistema de seguridad

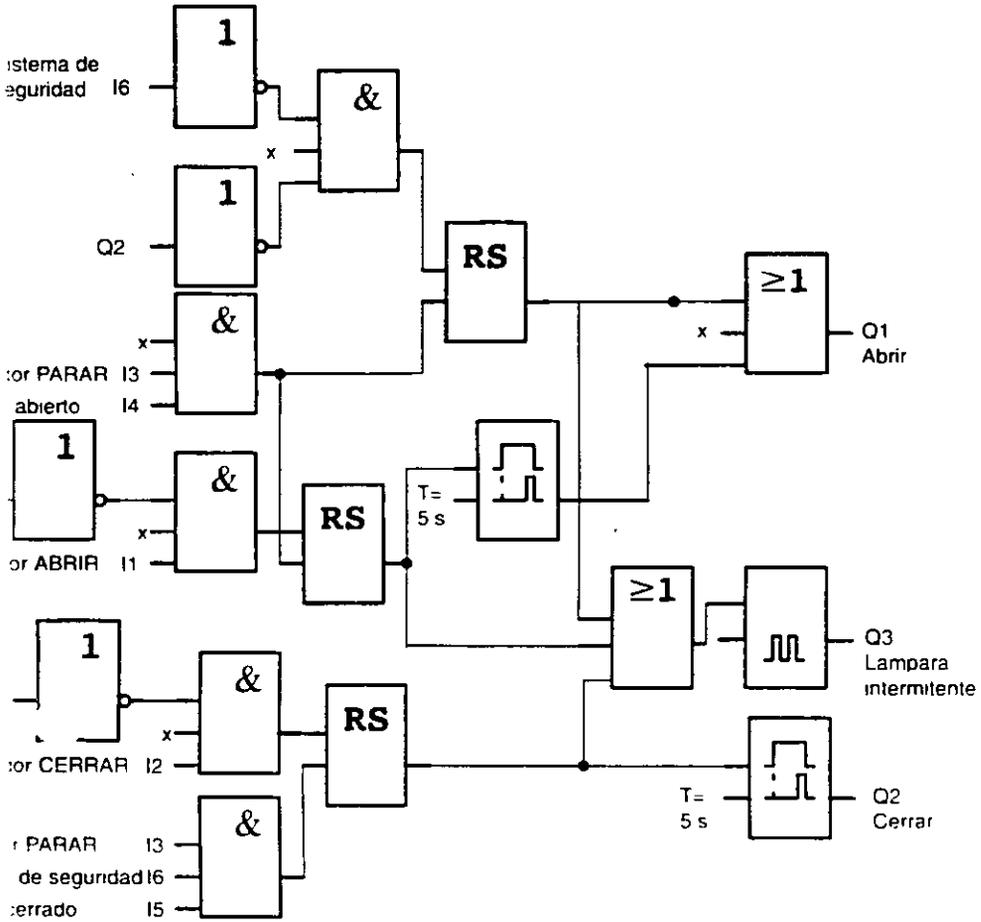
### Esquema funcional de la solución LOGO!



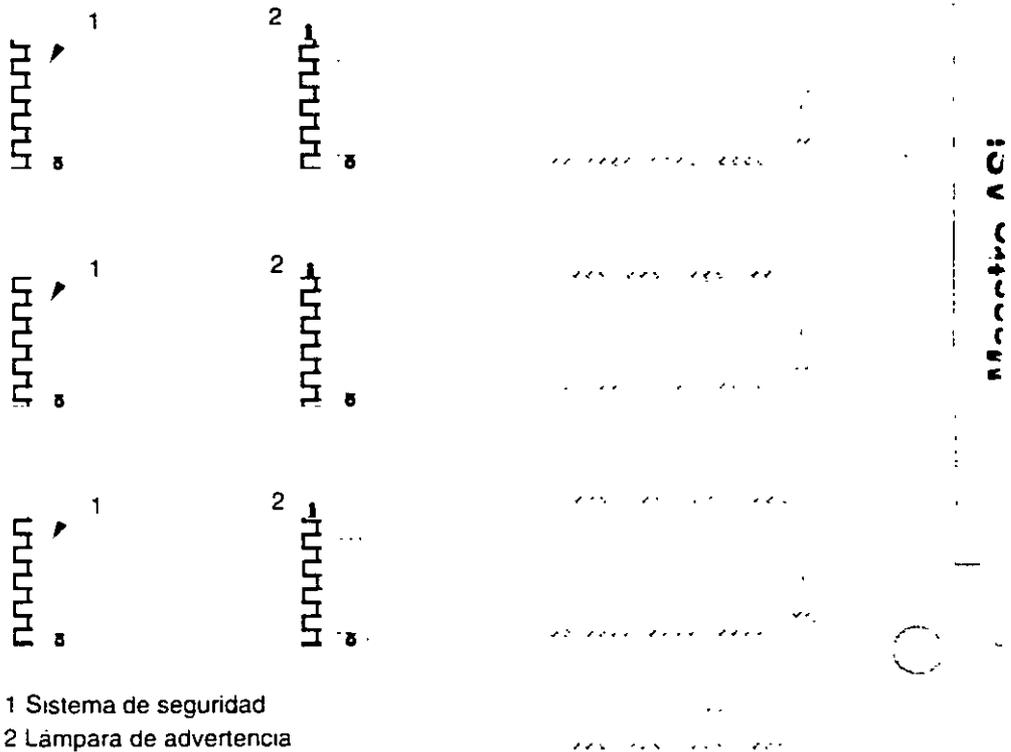
Mediante los pulsadores ABRIR o CERRAR se inicia el desplazamiento del portón, a no ser que esté activado el sentido contrario. El desplazamiento concluye accionando el pulsador PARAR o mediante el respectivo interruptor final. El cierre del portón es interrumpido asimismo por el sistema de seguridad.

### 3 Solución ampliada LOGO!

es. ampliación el portón se debe volver a abrir automáticamente al  
narse el sistema de seguridad.



## 7.5 Activación y supervisión centralizada de varios portones corredizos



En numerosos casos se tiene acceso al recinto de una empresa por distintos puntos, no siendo siempre posible supervisar directamente todos los portones por el personal. Por lo tanto, el portero debe poder accionarlos y supervisarlos desde un puesto central.

Como es natural, debe quedar asegurado también que el personal pueda abrir y cerrar directamente cada portón.

Por cada portón se emplea un LOGO!230RLB11. Los módulos están enlazados entre sí y con un maestro ASi a través del bus ASi.

En este apartado se describe el control para un portón. Los demás control de portón tienen una estructura idéntica.

## Requisitos impuestos al control del portón

El portón es activado mediante un interruptor de cordón. A tal efecto, el portón se abre o cierra por completo.

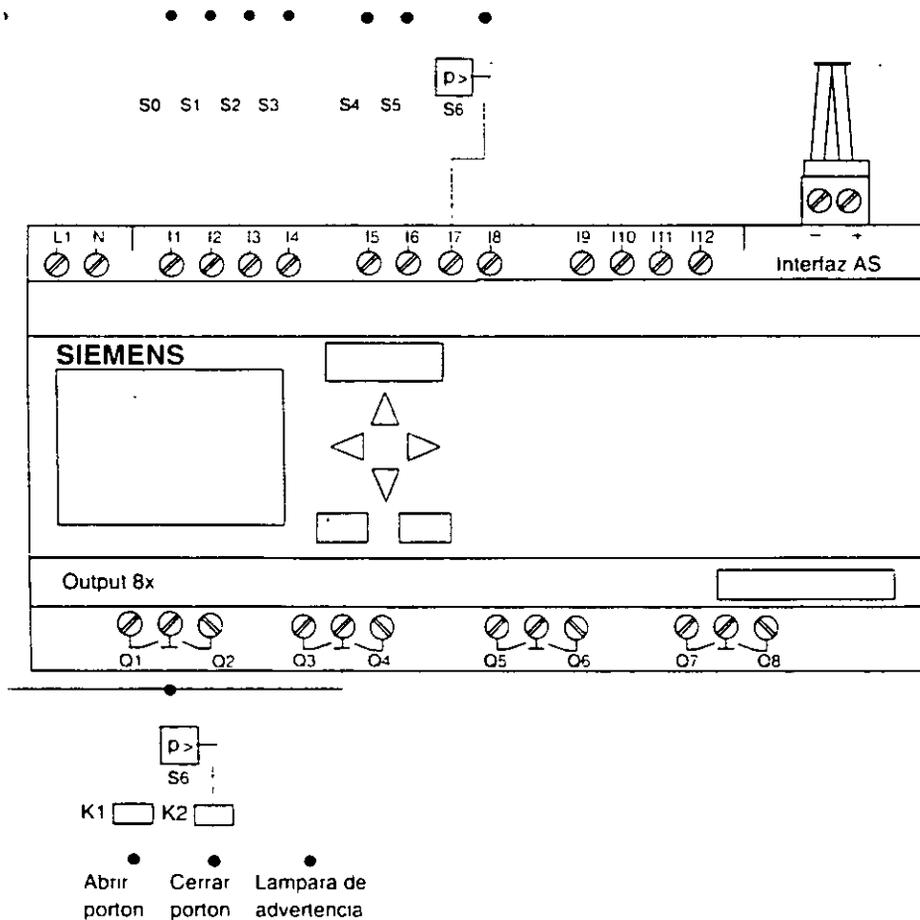
Además, cada portón se debe poder abrir y cerrar directamente mediante pulsador.

A través del enlace de bus ASi, debe ser posible abrir y cerrar el portón de la portería. Se señalizan los estados PORTON ABIERTO o PORTON CERRADO.

Una lámpara intermitente de advertencia luce 5 segundos antes de activarse el portón y durante el desplazamiento de éste.

Mediante un dispositivo de seguridad se evita que al cerrarse el portón puedan resultar lesionadas personas o se aprisionen y deterioren objetos.

### Control del control del portón mediante LOGO!230RLB11



---

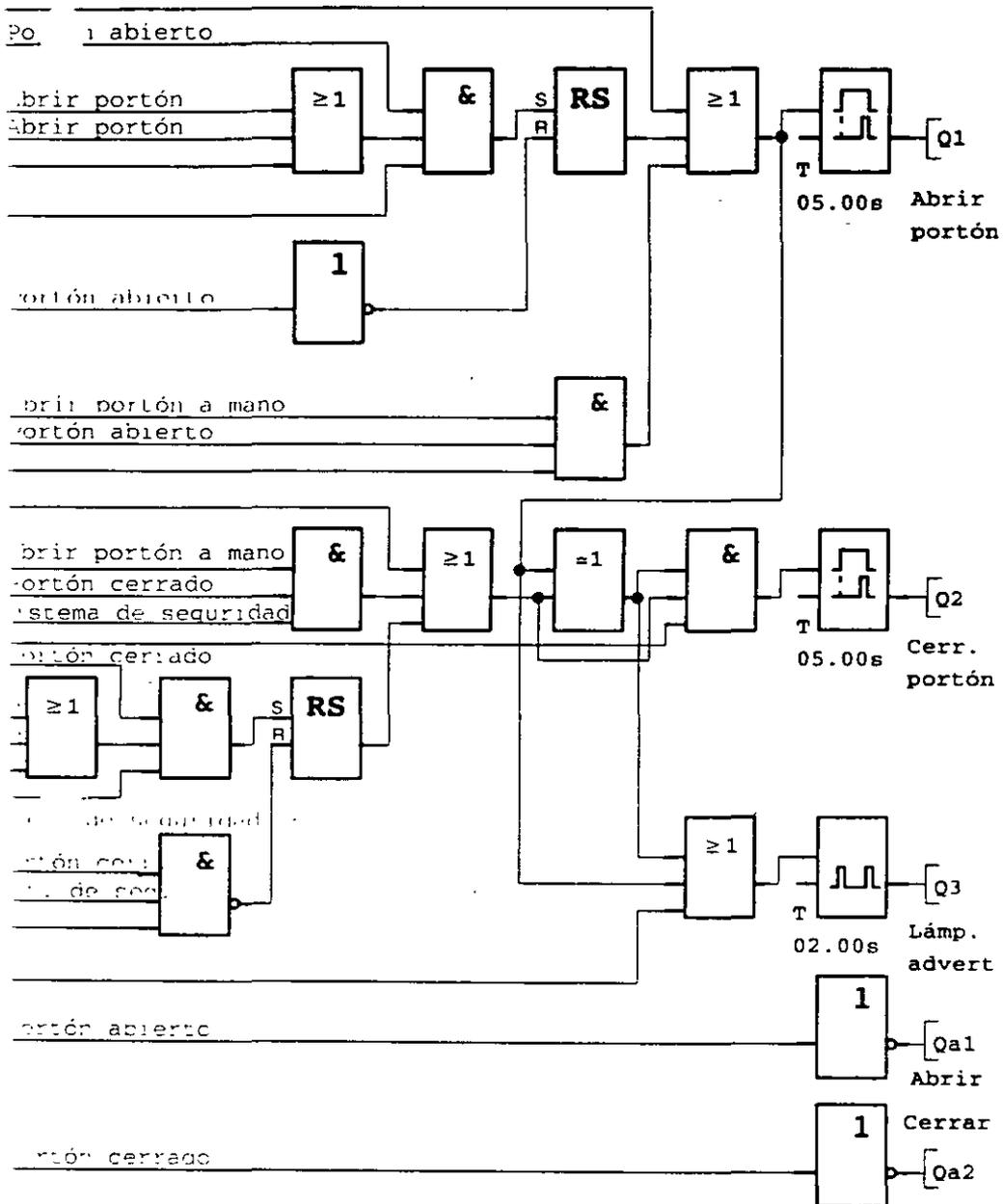
### Componentes utilizados

- K1            Contactor principal abrir
- K2            Contactor principal cerrar
- S0 (*cierre*)    Interruptor de cordón ABRIR
- S1 (*cierre*)    Interruptor de cordón CERRAR
- S2 (*cierre*)    Pulsador ABRIR
- S3 (*cierre*)    Pulsador CERRAR
- S4 (*apertura*) Conmutador de posición PORTON ABIERTO
- S5 (*apertura*) Conmutador de posición PORTON CERRADO
- S6 (*apertura*) Sistema de seguridad

### Control superpuesto

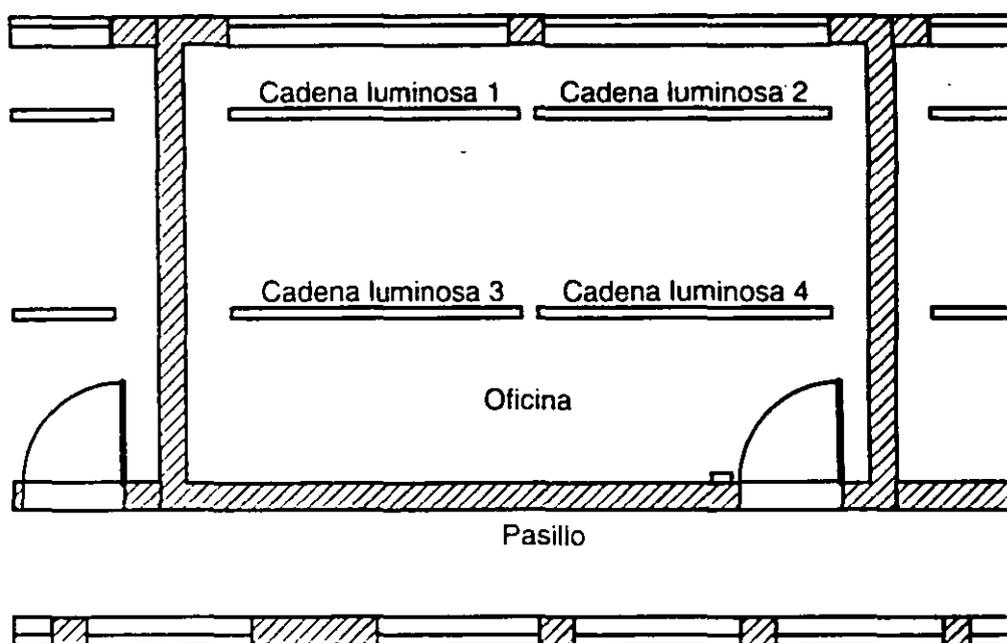
- Qa1    Conmutador de posición PORTON ABIERTO
- Qa2    Conmutador de posición PORTON CERRADO
- Ia1    Pulsador externo ABRIR PORTON
- Ia2    Pulsador externo CERRAR PORTON

**ema funcional de la solución LOGO!**



Ante los pulsadores ABRIR PORTON o CERRAR PORTON se inicia el desplazamiento del portón, a no ser que esté activado el sentido contrario. El desplazamiento concluye mediante el respectivo interruptor final. El cierre del portón es interrumpido asimismo por el sistema de seguridad.

## 7.6 Cadenas luminosas

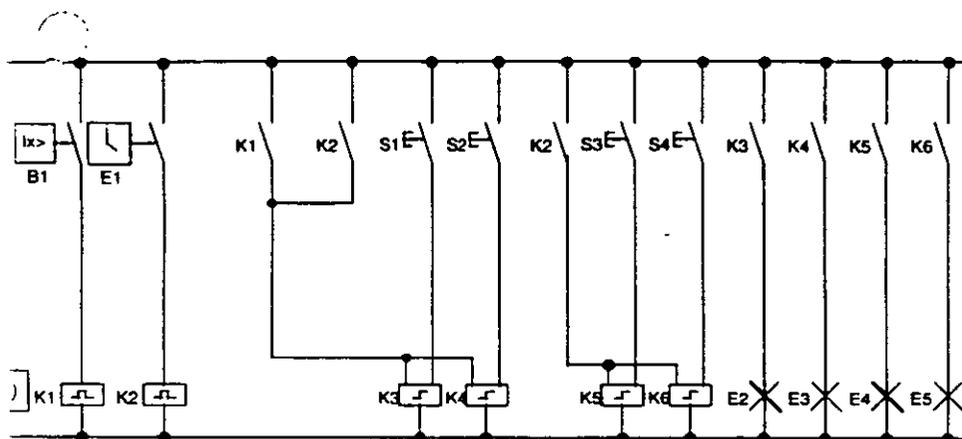


Al planificar instalaciones de alumbrado en recintos comerciales se dan el tipo y la cantidad de lámparas en función de la intensidad luminosa deseada. Por razones de rentabilidad, se utilizan a menudo tubos fluorescentes dispuestos en forma de cadenas luminosas. La distribución de estos distintos grupos conectables depende del aprovechamiento previsto por el recinto.

### 7.6.1 Requisitos impuestos a la instalación de alumbrado

- Las distintas cadenas luminosas se activan directamente en el recinto.
- Cuando sea suficiente la luz natural, las cadenas luminosas cercanas a las ventanas serán desconectadas automáticamente mediante un interruptor dependiente de la luminosidad.
- La luz se apagará automáticamente a las 8 de la tarde.
- Las lámparas podrán conectarse siempre a mano en el recinto.

## Solución hasta ahora



mparas se encienden a través de relés de impulsos, excitados mediante sadores en las puertas. Independientemente de ello, los relés son re- por el reloj de temporización o el conmutador dependiente de la sidad a través de la entrada *Desc. central*. Las órdenes de descon- enen que ser acortadas mediante relés borradores, para que siga posible la operación en el recinto incluso tras la desconexión.

omentos necesarios:

sadores S1 a S4

in idador de crepúsculo B1

oj de temporización E1

és borradores K1 y K2

rruptores de impulsos con "Desc. central" K3 a K6

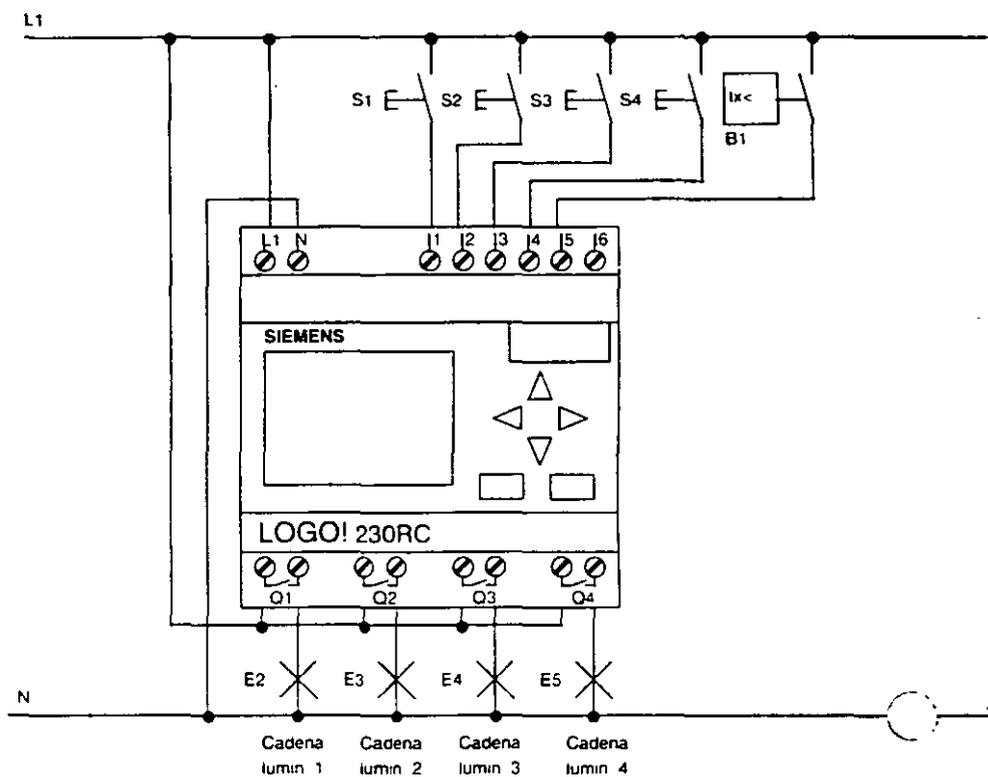
### ventajas de la solución adoptada hasta ahora

a poder realizar las funciones exigidas se requiere un gran despliegue circuitos.

vido a la gran cantidad de componentes mecánicos, debe contarse con elevado desgaste y, por consiguiente, es necesario un intenso mante- nimiento.

cambios de función implican considerables inversiones.

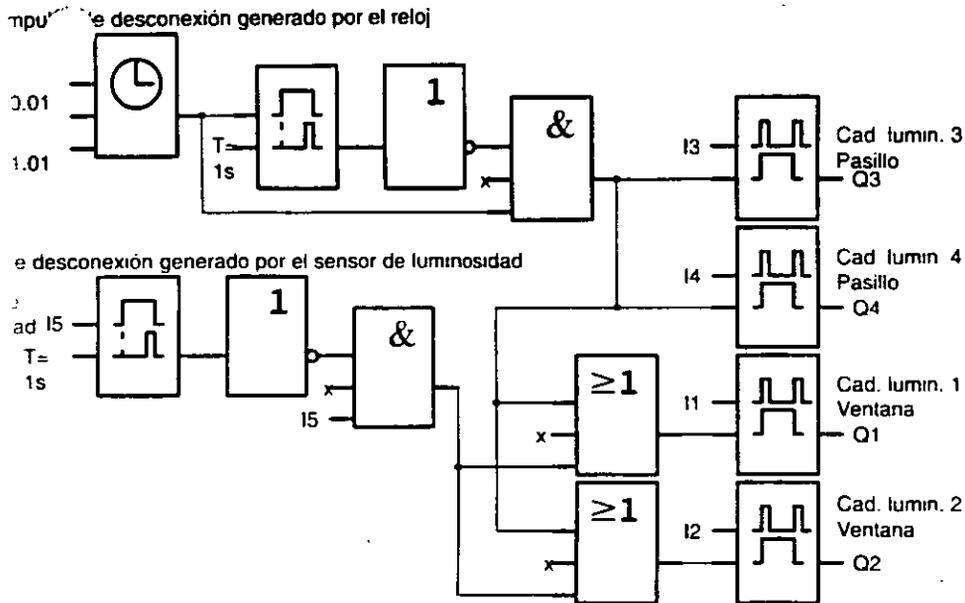
### 7.6.3 Control de cadenas luminosas mediante LOGO! 230RC



#### Componentes utilizados

- S1 a S4 (*cierre*)      Pulsadores
- B1 (*cierre*)            Sensor de luminosidad

## ema funcional de la solución LOGO!



## as de la solución LOGO!

Es posible conectar las lámparas directamente a LOGO! si la potencia en las distintas salidas no rebasa la capacidad de conmutación de éstas. En caso de conectarse potencias mayores, se debería prever un contactor apropiado.

El conmutador dependiente de la luminosidad se conecta directamente a la entrada de LOGO!.

No se requiere ningún reloj de conmutación, ya que dicha función está integrada en LOGO!.

Debido a la reducida cantidad de elementos de conmutación, es posible instalar un cuadro más reducido.

Requisito de menos equipos.

Instalación sencilla de la instalación de alumbrado.

Los tiempos de conmutación ajustables discrecionalmente (impulsos de desactivación escalonados al final del día).

La función del conmutador dependiente de la luminosidad puede transferirse fácilmente a todas las lámparas o a un grupo de lámparas.

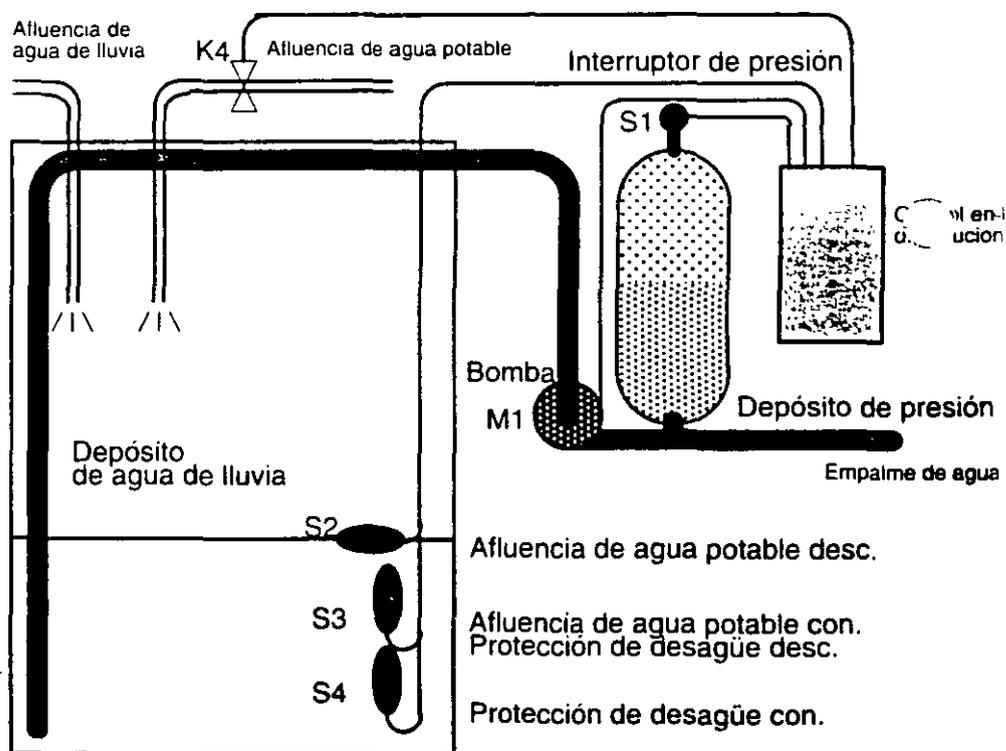
## 7.7 Bomba de aguas residuales



En los edificios de viviendas se aprovecha con creciente frecuencia el agua de lluvia además del agua potable. Así se ahorran gastos y se contamina menos el medio ambiente. El agua de lluvia puede emplearse por ejemplo para:

- lavar la ropa,
- regar jardines,
- regar flores,
- limpiar automóviles o
- enjuagar el WC.

En el croquis siguiente se muestra cómo funciona una instalación para el aprovechamiento del agua de lluvia:



El agua de lluvia se deposita en un depósito. Un sistema de bombeo impulsa el agua del depósito en una canalización prevista a tal efecto. Desde esta canalización puede tomarse el agua de lluvia igual que sucede con el agua potable. Cuando llegara a vaciarse el depósito, es posible rellenarlo con agua potable.



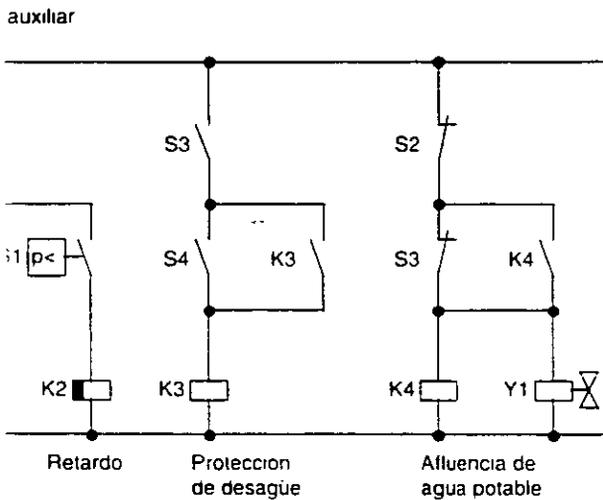
## Requisitos impuestos al control de una bomba de aguas residuales

debe haber disponible agua en todo momento. En caso necesario, el control debe conmutar automáticamente al abastecimiento de agua potable.

Ante la conmutación al agua potable, no debe penetrar el agua de lluvia en la canalización de agua potable.

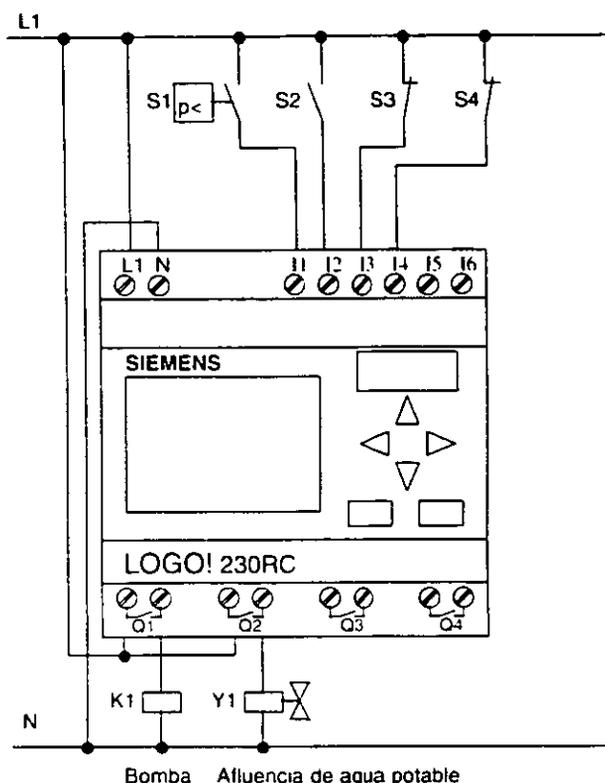
Si es insuficiente el contenido del depósito de agua de lluvia, no debe conectarse la bomba (protección de desagüe).

### Solución hasta ahora



La bomba y una válvula magnética son controladas a través de un interruptor de presión y 3 interruptores de flotador situados en el depósito de agua de lluvia. La bomba debe activarse cuando no se alcance la presión mínima en el depósito de presión. Tras reponerse la presión de trabajo, se desactiva automáticamente la bomba al cabo de un tiempo de retardo de algunos segundos. Este retardo para impedir la activación/desactivación continua durante la toma de agua prolongada.

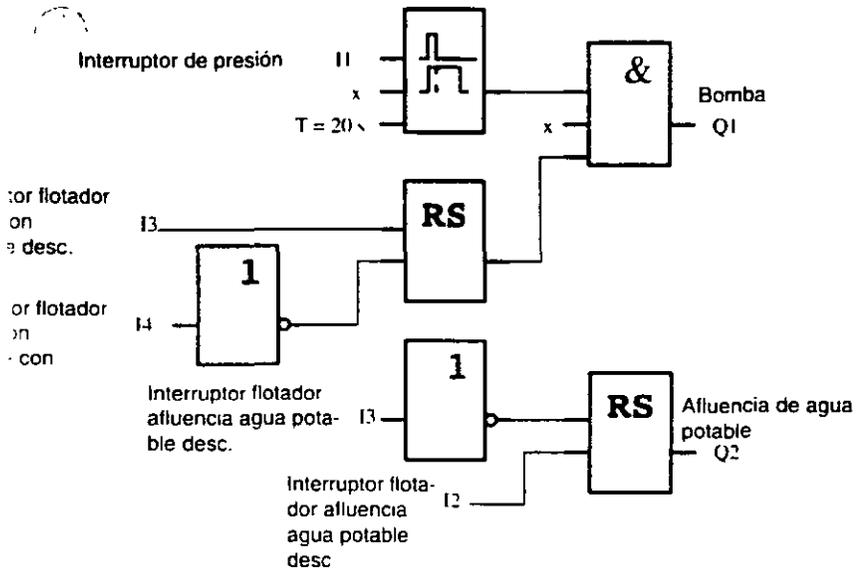
### 7.7.3 Bomba de aguas residuales mediante LOGO! 230RC



Para controlar la bomba se requieren únicamente –además de LOGO!– interruptor de presión y los interruptores de flotador. Si se utiliza un motor de corriente trifásica, debe preverse un contactor principal para conectar la bomba. En las instalaciones con motor de corriente alterna es necesario utilizar un contactor si el motor requiere una corriente mayor que la que puede conmutar el relé de salida Q1. El consumo de una válvula magnética es reducido que en los casos normales ésta es activable directamente.

- K1                    Contactor principal
- Y1                    Válvula magnética
- S1 (*cierre*)        Interruptor de presión
- S2 (*cierre*)        Interruptor de flotador
- S3 (*apertura*)     Interruptor de flotador
- S4 (*apertura*)     Interruptor de flotador

### ema de conexiones de la solución LOGO!



### Peculiaridades y ampliaciones posibles

El esquema de conexiones se muestra la forma de cablear el control para la bomba y la válvula magnética. En cuanto a su estructura, equivale al esquema convencional. Sin embargo, para determinadas aplicaciones también es posible integrar otras funciones, que en la técnica convencional sólo se realizan con un despliegue adicional de equipos:

- Programación de la bomba a ciertas horas
- Detección de escasez de agua inminente o existente
- Detección de anomalías en el funcionamiento

## 7.8 Activación y supervisión centralizadas de bombas

En las obras es necesario supervisar continuamente las zonas donde puede aparecer agua subterránea. En la mayoría de los casos basta con activar agua subterránea a partir de un nivel determinado.

En cada zona amenazada se prevén 2 bombas, que son controladas mediante un LOGO! 230RLB11. LOGO! obtiene todas las informaciones necesarias a través de diferentes sensores.

Todos los módulos lógicos están enlazados entre sí y con un maestro ASi a través del bus ASi. En un puesto central son supervisadas todas las zonas a través del bus ASi, es posible manejar cada bomba accionando un pulsador.

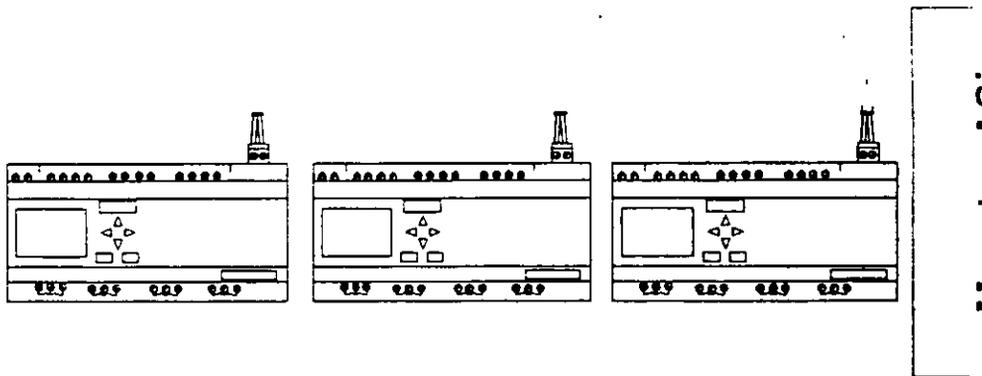
En cada LOGO! debe programarse el desarrollo siguiente:

Al alcanzarse el máximo nivel de agua admisible, se activa la bomba 1. Si fallara esta bomba 1, se conecta automáticamente la bomba 2.

Si fallaran ambas bombas, suena una bocina para notificar este estado.

El programa y el cableado de un LOGO! 230RLB11 se exponen en las páginas siguientes.

El módulo maestro ASi se encarga de coordinar los distintos módulos de bombas (LOGO! 230RLB11).

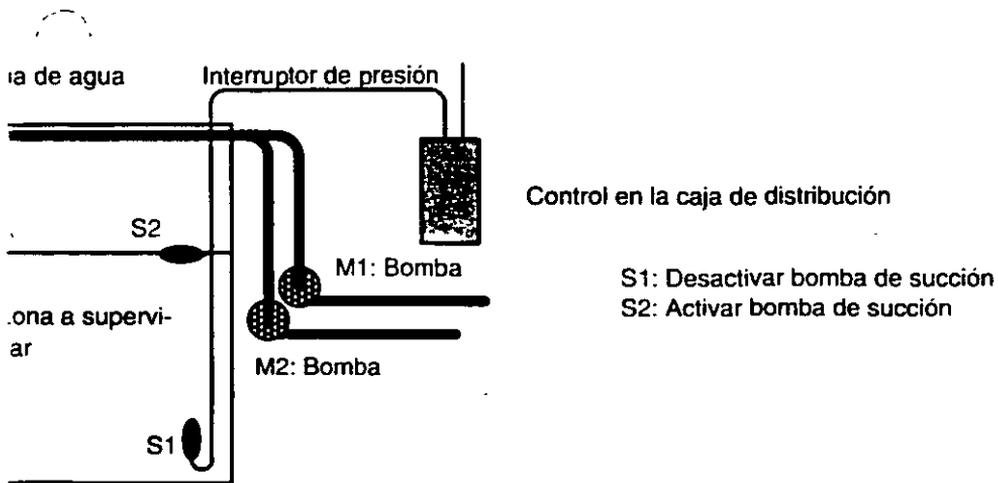


### Nota

En este manual no se describe cómo puede Ud. configurar su maestro ni redactar el programa general común.

A tal efecto, consulte la descripción de su módulo maestro ASi.

## ervisión de la zona (principio)



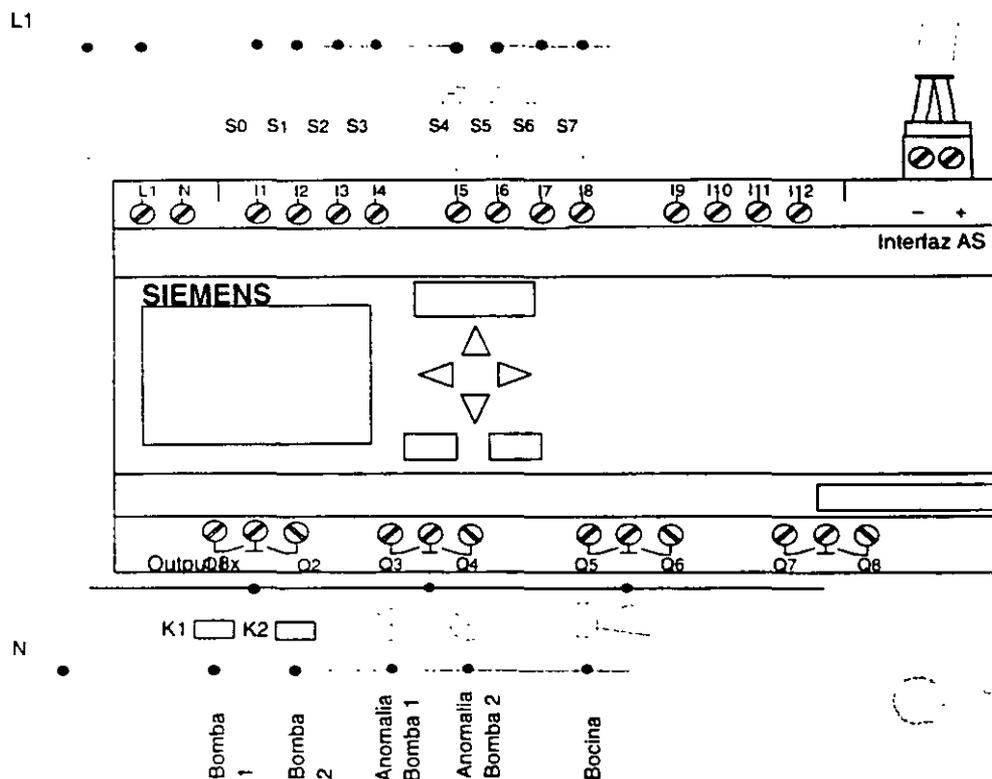
## Requisitos impuestos al control de un sistema de bombas para un depósito

alcanzarse el nivel de relleno (S2), se activa la bomba 1 y sigue funcionando hasta el punto de desactivación definido (S1).

fallara la bomba 1 durante el proceso de bombeo debido a una avería, se activa automáticamente la bomba 2. Esta anomalía se señala mediante un indicador óptico.

fallara también la bomba 2, suena una bocina para notificar el fallo al. Esta anomalía se señala adicionalmente mediante un indicador óptico.

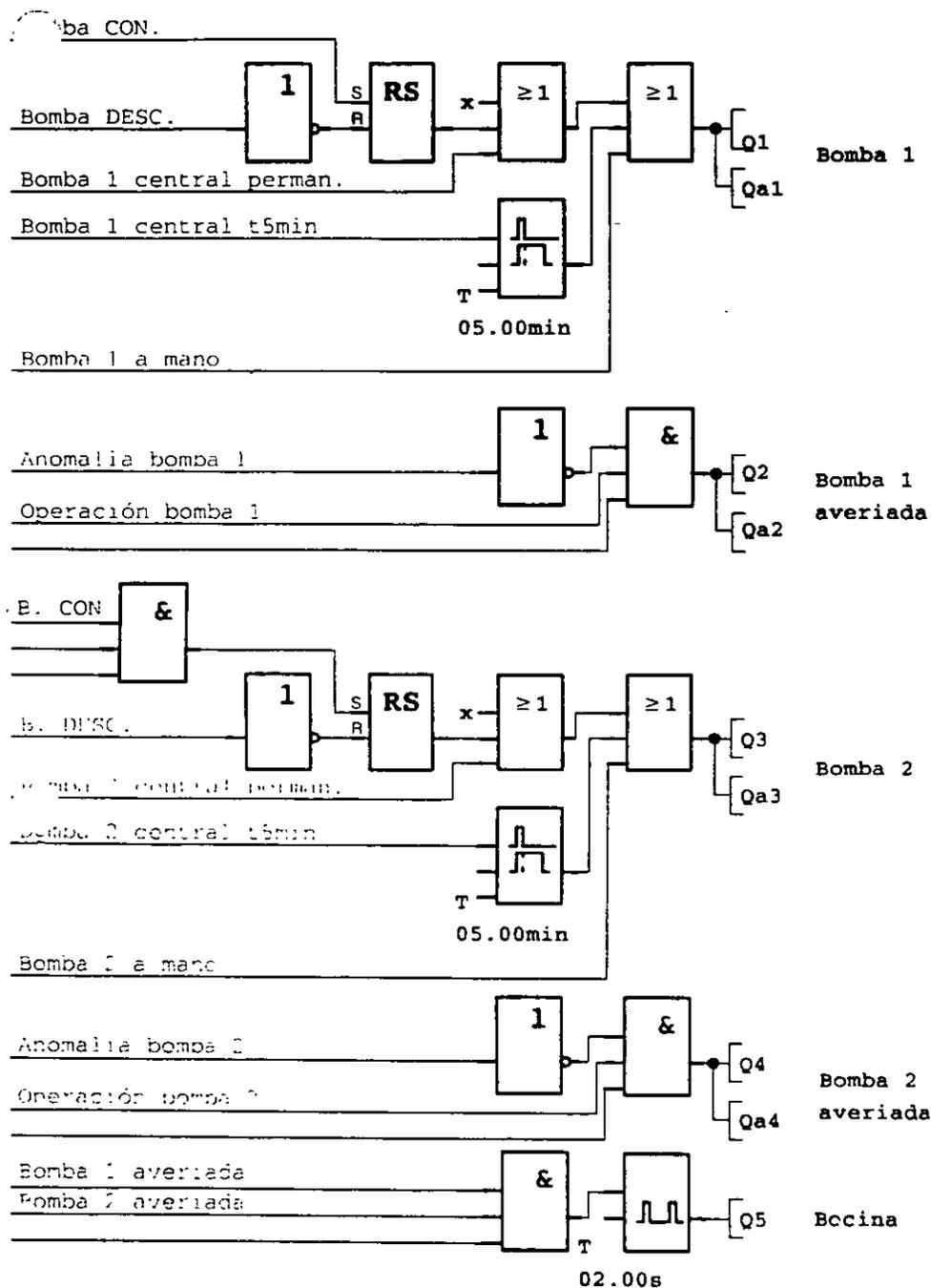
## 7.8.2 Control de bombas mediante LOGO! 230RLB11



Además de LOGO!, se requieren para controlar las bombas:

- K1, K2                      Sendos contactores principales para activar el motor de corriente trifásica de las bombas 1 y 2
- H1, H2                      Sendos indicadores ópticos para señalar una anomalía en las bombas 1 y 2
- H3                            Bocina para notificar el fallo de ambas bombas
- S0 (cierre)                 Sensor del nivel de relleno para desactivar la bomba 1
- S1 (cierre)                 Sensor del nivel de relleno para desactivar la bomba 2
- S2, S3 (cierre)            Sendos sensores para notificar el funcionamiento de la bomba 1 ó la bomba 2
- S4, S5 (apertura)         Sendos sensores para supervisar la bomba 1 y la bomba 2 y notificar una anomalía
- S6, S7 (cierre)            Pulsadores para activar las bombas a mano

## ema de conexiones de la solución LOGO!



o módulo LOGO! únicamente permite ejecutar tareas de control a reducida. Sin embargo, conectando varios LOGO!...LB11 a un sistema a través del interfaz AS se ofrecen cuantiosas posibilidades de l.

## 7.9 Torno desarrollador

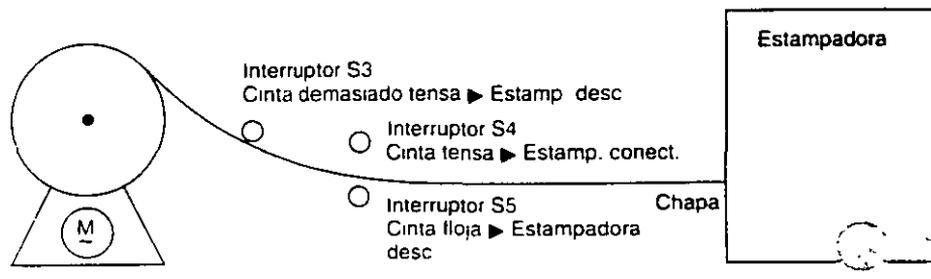


Mediante un torno desarrollador se conduce una cinta de chapa enrollada (coil) hacia una estampadora.

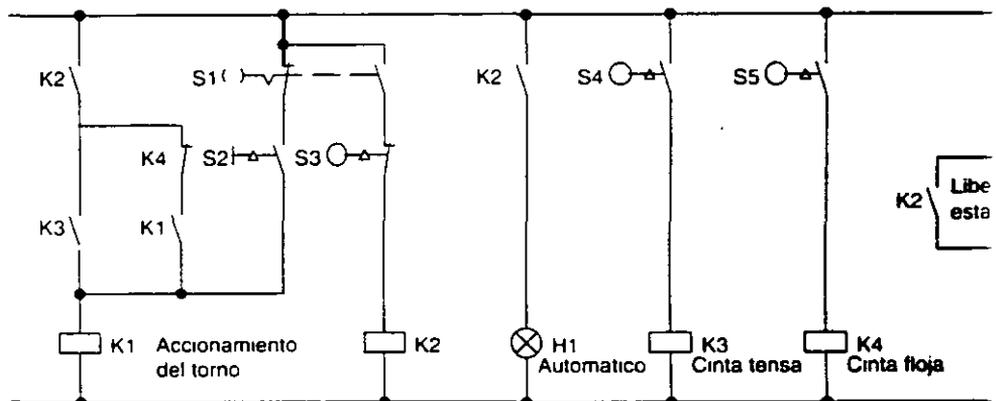
### 7.9.1 Requisitos impuestos a un torno desarrollador

Un torno desarrollador debe cumplir fundamentalmente los requisitos siguientes:

- La chapa aplicada no debe combarse
- La chapa aplicada no debe rebasar una tensión máxima determinada
- La estampadora debe ser desconectada si la chapa se tensa excesivamente.



### 7.9.2 Solución hasta ahora



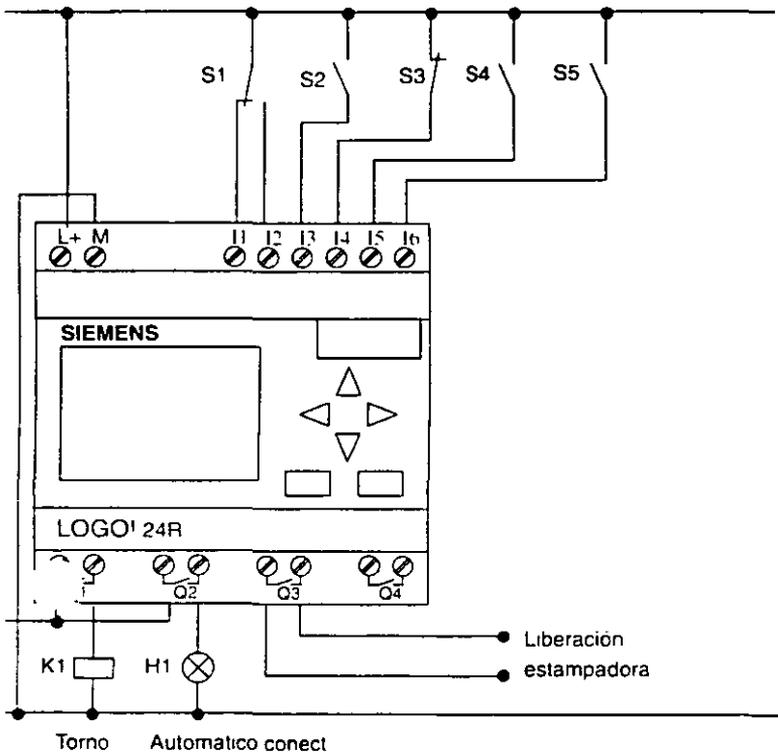
El interruptor de llave S1 es el selector de modo de operación (manual automático) para el torno. El pulsador S2 sirve para accionar a mano el torno. Los interruptores S4 y S5 supervisan la tensión de la chapa conectando y desconectando el motor del torno. El interruptor S3 desconecta la estampadora al tensarse excesivamente la cinta.



### 3 Torno desarrollador mediante LOGO! 24R

Permite simplificar el circuito considerablemente. Ahora ya sólo es necesario conectar a LOGO! los interruptores, la lámpara de aviso y el conmutador principal.

#### Estado del torno desarrollador mediante LOGO! 24R

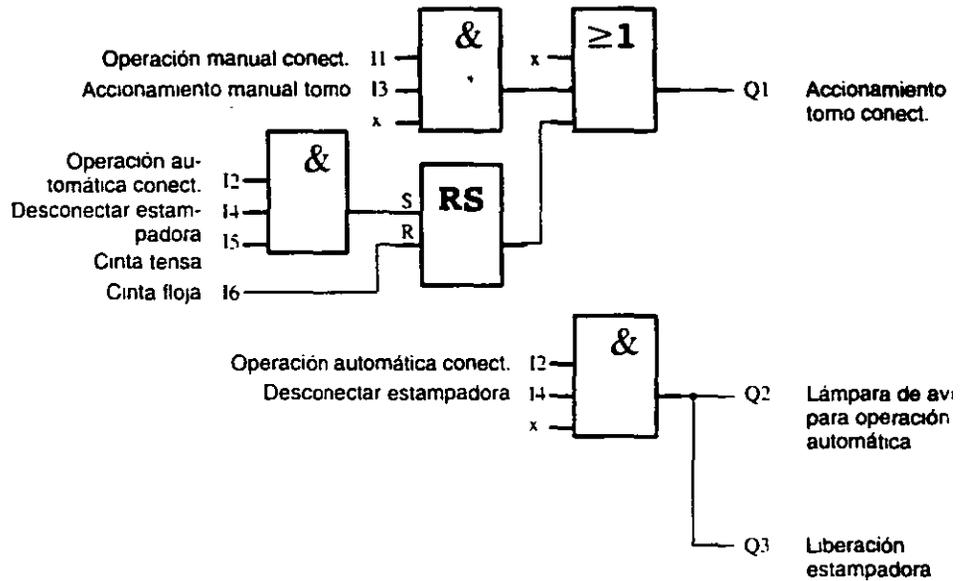


#### Componentes utilizados

- 1 Selector de modo de operación (manual – automático)
- 2 (cierre) Pulsador para accionamiento manual del torno
- 3 (apertura) Interruptor 'desconectar estampadora'
- 4 (cierre) Interruptor 'cinta tensa'
- 5 (cierre) Interruptor 'cinta floja'
- 1 Guardamotor
- 1 Lámpara de aviso para operación automática

## Esquema de circuitos de la solución LOGO!

He aquí el esquema de circuitos para el control del torno mediante LOGO!



### 7.9.4 Ventajas de la solución LOGO!

Mediante LOGO! se requieren menos elementos conmutadores, a la vez se simplifica el cableado. Con ello se ahorran tiempo de montaje y el espacio necesario en el armario de conexiones. En ciertos casos resulta incluso posible utilizar un armario de conexiones más pequeño.

## 3) Otras aplicaciones posibles

ta particularmente conveniente la aplicación de LOGO! en los casos  
ntes:

ando las funciones integradas en LOGO! permiten prescindir de varios  
mentos conectores auxiliares.

ando deseen evitarse los trabajos de cableado y montaje, recurriéndose  
vez de ello al cableado de LOGO!.

ando desee reducirse el espacio ocupado por los componentes en el  
nario de conexiones o la caja de distribución: en ciertos casos es sufi-  
ente un armario de conexiones/caja de distribución menor.

ando se desee introducir o modificar funciones posteriormente sin ne-  
sidad de montar un elemento adicional ni de cambiar el cableado.

ando deban ofrecerse a los clientes nuevas funciones adicionales para la  
instalación de edificios comerciales y de viviendas, como por ejemplo:

**Seguridad en los domicilios privados:** Mediante LOGO! es posible  
conectar regularmente una lámpara o abrir y cerrar persianas cuando  
se está de vacaciones.

**Instalaciones de calefacción:** Mediante LOGO! es activada la bomba  
de circulación sólo cuando se requieran efectivamente agua o calor.

**Instalaciones frigoríficas:** Mediante LOGO! son descongelados los  
frigoríficos automáticamente a intervalos regulares, ahorrándose así  
gastos de energía.

**Acuarios y terrarios:** Es posible alumbrarlos en función del tiempo.

smo, es posible

lizar interruptores y pulsadores corrientes en el mercado, simplificán-  
se así el montaje de los mismos en la instalación de un edificio.

nectar LOGO! directamente a la instalación de un edificio, gracias a la  
ente de alimentación que lleva integrada.

### ¿Ten Uds. algunas sugerencias?

uesto que existen aún numerosas posibilidades de aplicación idóneas  
OGO!. Si conocieran Uds. alguna otra aplicación, no duden en escri-

Nosotros recopilamos todas las sugerencias y procuramos divulgar el  
to de ellas. Comuníquenos tanto si su circuito con LOGO! ha llamado  
ción especialmente como si ha resultado particularmente sencillo.

omplacerá cualquier sugerencia recibida.

anos a

ns AG

IMVM – LOGO!

ch 48 48

27 Nürnberg

# A Datos técnicos

## A.1 Datos técnicos generales

Criterio	Verificación	Valores
Dimensiones AxAxP en mm		72 x 90 x 55 con dispositivo de montaje 72 x 90 x 59
Peso		aprox. 190 g
Montaje		en perfil de 35 mm ancho: 4 unidades de divis
Dimensiones AxAxP en mm		126 x 90 x 55 con dispositivo de montaje 126 x 90 x 59
Peso		aprox. 360 g
Montaje		en perfil de 35 mm ancho: 7 unidades de divi
<b>Condiciones ambientales climáticas</b>		
Temperatura ambiente montaje horizontal montaje vertical	Frío según IEC 68-2-1 Calor según IEC 68-2-2*	0 a 55 °C 0 a 55 °C
Almacenaje/transporte		-40 °C a +70 °C
Humedad relativa	según IEC 68-2-30	de 5 a 95% sin formación de rocío
Presión atmosférica		de 795 a 1.080 hPa
Sustancias nocivas	según IEC 68-2-42 según IEC 68-2-43	SO <sub>2</sub> 10 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> , 4 días H <sub>2</sub> S 1 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> , 4 días
<b>Condiciones ambientales mecánicas</b>		
Clase de protección		IP 20
Vibraciones	según IEC 68-2-6	10 a 57 Hz (amplitud con 0,15 mm) 57 a 150 Hz (aceleración 2 g)

\*IEC 68 contiene VDE 0631

Criterio	Verificación	Valores
de	según IEC 68-2-27	18 choques (semiseno 15 g/11 ms)
ladeada	según IEC 68-2-31	Altura de caída 50 mm
libre, embalado	según IEC 68-2-32	1 m
<b>Compatibilidad electromagnética (EMC)</b>		
rga ostática	según IEC 801-2 grado de intensidad 3	8 kV descarga al aire 6 kV descarga mediante contacto
os electromagné-	según IEC 801-3	Intensidad de campo 10 V / m
sión radiointerf.	según EN 55011	Clase valor límite B grupo 1 Clase valor límite A en operación ASi
ón de perturba- EMC	según EN 50081-2	
encia a interfe- s	según EN 50082-2	
os en ráfagas	según IEC 801-4 grado de intensidad 3	2 kV (conductores de alimentación y de señalización) Variantes B11: según <i>ASi Complete Specification V2.0 del 27-11-95</i>
so individual n energía (surge)	según IEC 801-5 grado de intensidad 2	0.5 kV (conductores alimentación) simétrico
para (! 230...)		1 kV (conductores alimentación) asimétrico
<b>Pruebas concernientes a la seguridad IEC / VDE</b>		
isionamiento de rehierros y las	IEC 664, IEC 1131, EN 50178 Entw. 11/94 UL 508, CSA C22.2 No 142 Con LOGO! 230R/RC también VDE 0631	se cumple
z dieléctrica	según IEC 1131	se cumple

## A.2 Datos técnicos: LOGO! 230....



	LOGO! 230R LOGO! 230RC	LOGO! 230RL LOGO! 230RC LOGO! 230RL
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada: valor nominal	115/120/230/ 240 V c.a.	115/230 V c.a.
Margen admisible según: <ul style="list-style-type: none"> <li>• VDE 0631:</li> <li>• IEC 1131:</li> </ul>	85 a 250 V c.a. 85 a 265 V c.a.	85 a 250 V c.a. 85 a 265 V c.a.
Frecuencia de red admisible	47 a 63 Hz	47 a 63 Hz
Consumo en caso de <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 120 V c.a.</li> <li>• 230 V c.a.</li> <li>• 240 V c.a.</li> </ul>	típico 40 mA típico 40 mA típico 26 mA típico 26 mA	típico 68 mA  típico 45 mA
Compensación de fallos de tensión <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 120 V c.a.</li> <li>• 230 V c.a.</li> <li>• 240 V c.a.</li> </ul>	típico 10 ms típico 10 ms típico 20 ms típico 20 ms	típico 10 ms  típico 20 ms
Potencia disipada en caso de <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 120 V c.a.</li> <li>• 230 V c.a.</li> <li>• 240 V c.a.</li> </ul>	típico 2,5 W típico 2,5 W típico 3 W típico 3 W	típico 4,5 W
Tamponamiento del reloj a 25 °C	típico 80 h	típico 80 h
Exactitud del reloj de tiempo real (LOGO! 230RC; LOGO! 230RCL; LOGO! 230RCLB11)	máximo ± 5 s / día	máximo ± 5 s / día



**técnicos**

	<b>LOGO! 230R LOGO! 230RC</b>	<b>LOGO! 230RL LOGO! 230RCL LOGO! 230RLB11</b>
<b>Características digitales</b>		
Entradas	6	12
Protección galvánica	no	no
Tipos de		4
Tensión de entrada LI en caso de tensión nominal de 115/230 V c.a.		
Nivel 0	0 a 40 V c.a.	0 a 40 V c.a.
Nivel 1	79 a 265 V c.a.	79 a 265 V c.a.
Corriente de entrada para nivel 1	típico 0,24 mA para 230 V c.a.	típico 2,5 mA para 230 V c.a.
Nivel 0		típico 0,8 ... 1,2 mA
Tiempo de retardo para cambio de 0 a 1	típ. 50 ms	típ. 50 ms
de 1 a 0	típ. 50 ms	típ. 50 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Características: Conexión de cables "de 2 hilos"		
para lámparas incandescentes	no	no
	no	sí
<b>Características digitales</b>		
Entradas	4	8
Tipos de las salidas	Salidas de relé	Salidas de relé
Protección galvánica	sí	sí
Tipos de	1	2
Protección de una entrada digital	sí	sí
Corriente permanente I <sub>th</sub> (por terminal)	máximo 8 A	máximo 10 A

	LOGO! 230R LOGO! 230RC	LOGO! 230RL LOGO! 230RC LOGO! 230RL
Carga de lámparas incandescentes (25.000 conmutaciones) en caso de		
230/240 V c.a.	1000 W	1000 W
115/120 V c.a.	500 W	500 W
Tubos fluorescentes con adaptador (25.000 conmutaciones)	10 × 58W (para 230/240 V c.a.)	10 × 58W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 conmutaciones)	1 × 58W (para 230/240 V c.a.)	1 × 58W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 conmutaciones)	10 × 58W (para 230/240 V c.a.)	10 × 58W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador de potencia B16 600A	Contactador de potencia B16 600A
Resistencia a cortocircuitos cos 0.5 a 0.7	Contactador de potencia B16 900A	Contactador de potencia B16 900A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si así se desea)	máximo 16 A, característica B16	máximo 16 A, característica B16
<b>Frecuencia de conmutación</b>		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0.5 Hz	0.5 Hz
<b>Conexión de esclavo ASi (sólo LOGO! 230RLB11)</b>		
Perfil ASi		7.F
• I/O Config		7 <sub>h</sub>
• ID Code		F <sub>h</sub>

	<b>LOGO! 230R LOGO! 230RC</b>	<b>LOGO! 230RL LOGO! 230RCL LOGO! 230RLB11</b>
dad de entradas digitales	—	4
dad de salidas digitales vir-	—	4
on de entrada: valor nomi-	—	24 V c.c.
e de alimentación	—	Sección de alimenta- ción ASi
umo		típico 30 mA
ación galvánica	—	sí
cción contra inversión de dad	—	sí

**Datos técnicos: LOGO! 24, LOGO! 24R,  
LOGO! 24RC**

	<b>LOGO! 24</b>	<b>LOGO!24R: LOGO! 24RC</b>
<b>te de alimentación</b>		
ón de entrada: valor nomi-	24 V c.c.	24 V c.c.
en admisible	20.4 a 28.8 V c.c.	20.4 a 28.8 V c.c.
umo en caso de 24 V c.c. (300 mA por cada salida (1.3 A))	típico 30 mA 1.2 A	típico 62 mA
ensación de fallos de ten-		típico 5 ms
ecia disipada en caso de c.c.	típico 0.8 W	típico 1.5 W
onamiento del reloj a 25 °C (LOGO! 24RC)		típico 80 h

	<b>LOGO! 24</b>	<b>LOGO! 24R; LOGO! 24RC</b>
Exactitud del reloj de tiempo real (LOGO! 24RC)		máximo $\pm 5$ s / a
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	6	6
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L+ Valor nominal	24 V c.c.	24 V c.c.
• Señal 0	<5,0 V c.c.	<5,0 V c.c.
• Señal 1	>15,0 V c.c.	>15,0 V c.c.
Corriente de entrada para		
• Señal 1	típico 3 mA	típico 3 mA
• Señal 0		
Tiempo de retardo para		
• 0 nach 1	típ. 50 ms	típ. 50 ms
• 1 nach 0	típ. 50 ms	típ. 50 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
<b>Salidas digitales</b>		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Transistor, conexión P	Salidas de relé
Separación galvánica	no	sí
En grupos de	4	1
Activación de una entrada digital	sí	—
Tensión de salida	$\underline{\Delta}$ tensión de alimentación	
Corriente de salida	máximo 0,3 A	
Corriente permanente $I_{th}$		máximo 8 A
Carga de lámparas incandescentes (25.000 conmutaciones)		1000 W

**s técnicos**

	<b>LOGO! 24</b>	<b>LOGO!24R; LOGO! 24RC</b>
lamps fluorescentes con adaptador. (25.000 conmutaciones)	—	10 × 58W
lamps fluorescentes compensadas convencionalmente (25.000 conmutaciones)	—	1 × 58W
lamps fluorescentes no compensadas (25.000 conmutaciones)	—	10 × 58W
protección de cortocircuitos y sobrecarga	sí	
limitación de corriente en cortocircuitos	aprox. 1 A	
operación en frío	ninguna en todo el margen de temperatura	
resistencia a cortocircuitos con 1 A	—	Contactador de potencia B16 600A
contactador de potencia con 0.5 A	—	Contactador de potencia B16 900A
combinación de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
reemplazo de un relé de salida (si desea)	—	máximo 16 A. característica B16
<b>capacidad de conmutación</b>		
carga resistiva	—	10 Hz
carga inductiva	10 Hz	—
carga inductiva/carga de lámparas	10 Hz / 10 Hz	2 Hz
carga inductiva	0.5 Hz	0.5 Hz

## A.4 Datos técnicos: LOGO! 24L, LOGO! 24RL, LOGO! 24LB11, LOGO! 24RLB11

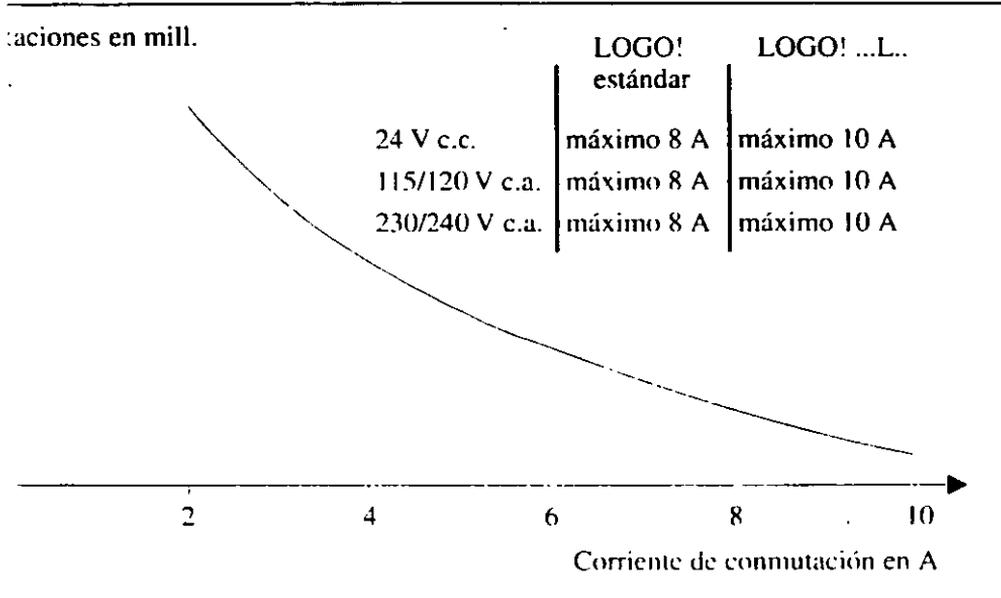
	LOGO! 24L, LOGO! 24LB11	LOGO! 24RL, LOGO! 24RLB11
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada: valor nominal	24 V c.c.	24 V c.c.
Margen admisible según:	20.4 a 28.2 V c.c.	20.4 a 28.2 V c.c.
Consumo en caso de 24 V c.c. con carga máxima de las salidas	típico 2,44 A	típico 120 mA
Compensación de fallos de tensión		típico 5 ms
Potencia disipada en caso de 24 V c.c.	típico 1 W	típico 2.9 W
Separación galvánica	no	no
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	12	12
Separación galvánica	no	no
En grupos de	12	12
Tensión de entrada L+ Nennwert	24 V c.c.	24 V c.c.
• Señal 0	<5,0 V c.c.	<5,0 V c.c.
• Señal 1	>12,0 V c.c.	>12,0 V c.c.
Corriente de entrada para		
• Señal 1	típico 5 mA	típico 5 mA
• Señal 0	< 1,5 mA	< 1,5 mA
Tiempo de retardo para		
• cambio de 0 a 1	típ. 50 ms	típ. 50 ms
• cambio de 1 a 0	típ. 50 ms	típ. 50 ms

*s técnicos*

	<b>LOGO! 24L, LOGO! 24LB11</b>	<b>LOGO! 24RL, LOGO! 24RLB11</b>
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Relés: Conexión de lámparas de 2 hilos de 250 vatios incandescentes	sí —	sí —
<b>Características digitales</b>		
Alimentación	8	8
Tipos de salidas	Transistor, conexión P	Salidas de relé.
Isolación galvánica	no	sí
Tipos de salidas	8	2
Alimentación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida	$\Delta$ tensión de alimentación	
Corriente de salida	máximo 0.3 A	
Corriente permanente $I_{th}$ (por relé)		máximo 10 A
Tipos de lámparas incandescentes (5.000 conmutaciones)		1000 W
Tipos de lámparas fluorescentes con adaptador (25.000 conmutaciones)	—	10 x 58W
Tipos de lámparas fluorescentes compensadas convencionalmente (25.000 conmutaciones)	—	1 x 58W
Tipos de lámparas fluorescentes no compensadas (25.000 conmutaciones)	—	10 x 58W
Protección de cortocircuitos y sobrecarga	sí	
Corriente de cortocircuitos	aprox. 1 A	
Temperatura de funcionamiento	ninguna en todo el margen de temperatura	ninguna en todo el margen de temperatura

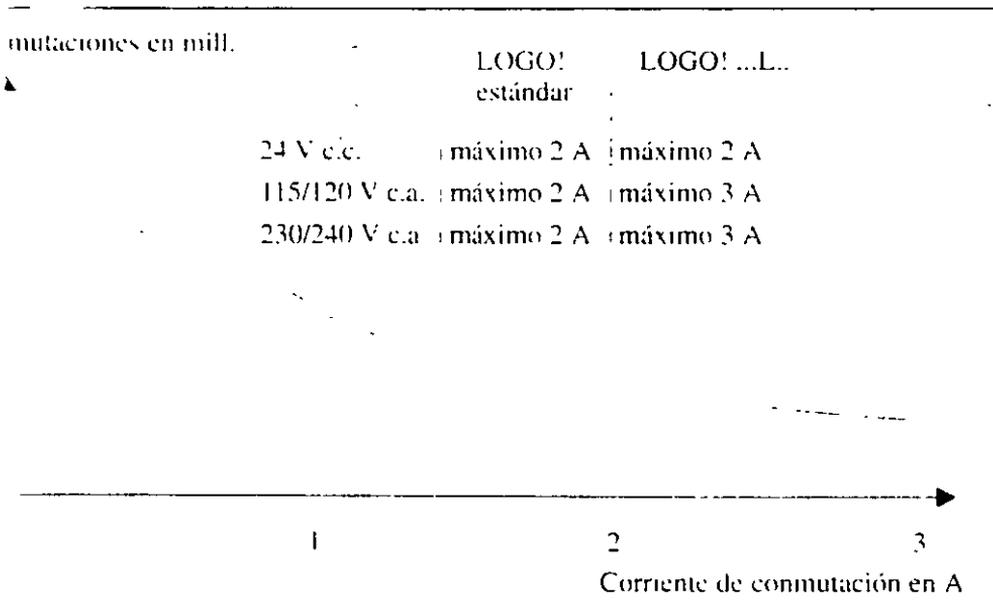
	LOGO! 24L, LOGO! 24LB11	LOGO! 24RL, LOGO! 24RLB11
Resistencia a cortocircuitos cos 1	—	Contactador de potencia B16 600A
Contactador de potencia cos 0.5 a 0.7	—	Contactador de potencia B16 900A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si así se desea)	—	máximo 16 A, característica B16
<b>Frecuencia de conmutación</b>		
Mecánica	—	10 Hz
Eléctrica	10 Hz	—
Carga óhmica/carga de lámparas	10 Hz / 10 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0.5 Hz	0.5 Hz
<b>Conexión de esclavo ASi (sólo LOGO! 24RLB11)</b>		
Perfil ASi	7.F	7.F
• I/O Config	7 <sub>h</sub>	7 <sub>h</sub>
• ID Code	F <sub>h</sub>	F <sub>h</sub>
Cantidad de entradas digitales virtuales	4	4
Cantidad de salidas digitales virtuales	4	4
Tensión de entrada: valor nominal	24 V c.c.	24 V c.c.
Fuente de alimentación	Sección de alimentación ASi	Sección de alimentación ASi
Consumo	típico 30 mA	típico 30 mA
Separación galvánica	sí	sí
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí

## Capacidad de conmutación y vida útil de las salidas de relé óhmica



A Capacidad de conmutación y vida útil de los contactos con carga óhmica (calentamiento)

inductiva



B Capacidad de conmutación y vida útil de los contactos con fuerte carga inductiva según IEC 947-5-1 DC13/AC15 (contactores, bobinas magnéticas, motores)

## A.5 LOGO! Power 1.3 y LOGO! Power 2.5

LOGO! Power 1.3 y LOGO! Power 2.5 son fuentes de alimentación de control primario para el abastecimiento de las variantes de LOGO! ...L

	LOGO! Power 1.3	LOGO! Power 2.5
<b>Datos de entrada</b>		
Tensión de entrada: valor nominal	120/230 V	
Margen admisible	85 V a 264 V (derating en caso de <93 V)	
Frecuencia de la tensión de entrada	47 a 63 Hz	
Compensación de fallos de tensión	20 (10) ms para 187 (110) V c.a.	
Corriente de activación (25°C)	< 15 A	
<b>Datos de salida</b>		
Tensión de salida: valor nominal	24 V c.c.	
Tensión de salida: tolerancia total	+/- 8%	
Tensión de salida: ondulación residual	< 250 mV <sub>ss</sub>	
Corriente de salida: valor nominal	1,3 A	2,5 A
Limitación de sobreintensidad	1.35 A	2,8 A
Salidas a prueba de vacío y de cortocircuitos	sí	
Rendimiento	> 80 %	
<b>Compatibilidad electromagnética</b>		
Supresión de radiointerferencias (emisión)	EN 50081-1, EN 55022 clase B	
Resistencia a perturbaciones	EN 50082-2	
<b>Seguridad</b>		
Separación galvánica primario/secundario	sí, SELV (según EN 60950 / VDE 0805)	

	LOGO! Power 1.3	LOGO! Power 2.5
de protección	II (según IEC 536 / VDE 0106 T1)	
de protección	IP 20 (según EN 60529 / VDE 470 T1)	
certificaciones previstas	CE, UL/cUL, FM	
<b>Condiciones generales</b>		
temperatura ambiente (margen)	0 a +55°C, convección natural	
temperatura de almacenaje y transporte	-40°C a +70°C	
conexiones en la entrada	dos bornes (1x2,5mm <sup>2</sup> ó 2x 1,5 mm <sup>2</sup> ) para L1 y N	
conexiones en la salida	dos bornes (1x2,5mm <sup>2</sup> o. 2x 1,5 mm <sup>2</sup> ) para L+ y M	
montaje	en perfil de 35 mm abatible	
dimensiones en mm (AxAxP)	72x80x55	126x90x55
peso aprox.	0,3 kg	0,6 kg

## LOGO! Contact 24 y LOGO! Contact 230

LOGO! Contact 24 y LOGO! Contact 230 son módulos que permiten conectar directamente consumidores óhmicos de hasta 20 A y motores de hasta 1,5 kW (sin ruidos molestos ni zumbidos).

	LOGO! Contact 24	LOGO! Contact 230
tensión de accionamiento	24 V c.c.	230 V c.a.: 50/60 Hz
<b>Condiciones de conexión</b>		
tensión de uso AC-1 para conexión de carga óhmica a 55°C tipo de régimen	85 V a 264 V (derating en caso de <93 V)	
tensión de régimen en caso de 400 V	20 A	

	LOGO! Contact 24	LOGO! Cor 230
Potencia de consumidores de corriente trifásica en caso de 400 V	13 kW	
Categoría de uso AC-2, AC-3 Motores con anillo colector o rotor de jaula	85 V a 264 V (derating en caso <93 V)	
Corriente de régimen en caso de 400 V	8,4 A	
Potencia de consumidores de corriente trifásica en caso de 400 V	4 kW	
Protección contra cortocircuito: Asignación tipo 1	25 A	
Protección contra cortocircuito: Asignación tipo 2	10 A	
Cables de conexión	conductores delgados con casqu terminales de un hilo 2x(0,75 a 2,5) mm <sup>2</sup> 2x(1 a 2,5) mm <sup>2</sup> 1x4 mm <sup>2</sup>	
Dimensiones en mm (AxAxP)	36x72x55	
Temperatura ambiente	-25 °C a +55 °C	
Temperatura de almacenaje	-50 °C a +80 °C	

# LOGO! ...LB11:

## Commutación activo – pasivo



Las variantes de LOGO!...LB11 se suministran ajustadas a la direc-

ta asignación de dirección por el maestro, siempre debe haber dado en el bus ASi sólo un esclavo activo en cada instante. Los demás esclavos con la dirección 0 tienen que ser pasivos, es decir, que no los reconocen el bus.



### Cuidado

La dirección ASi para todas las variantes de LOGO! ...LB11 puede modificarse 10 veces.

No se garantizan otras modificaciones.

Para cambiar LOGO!...LB11, hemos previsto un punto especial en el menú de programación.

### Commutación de LOGO!...LB11 entre activo y pasivo

Para cambiar LOGO!...LB11 a la clase de servicio 'Programación' (pulsar la tecla triple) y desde aquí directamente al menú de programación pulsando OK.

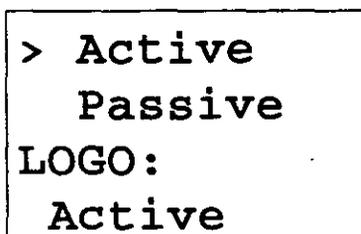
Pulsar tres veces la tecla ▼.

El cursor (>) se halla ahora delante de la línea ASi\_BUS..

```
Edit Prg
Clear Prg
Set Clock
>ASi_BUS..
```

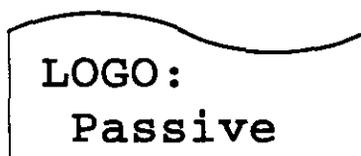


3. Pulsar la tecla **OK**. Entonces se visualiza:



> **Active**  
**Passive**  
LOGO:  
**Active**

4. Conmutar LOGO!...LB11 a pasivo. A tal efecto, pulsar la tecla ▼ y continuación la tecla **OK**. En el display aparece ahora el nuevo esta



LOGO:  
**Passive**

5. Tan pronto como el maestro ha reconocido un esclavo activo y le ha adjudicado una dirección. Ud. puede reponer nuevamente otro esclavo de **pasivo a activo**.

---

**Nota**

Sólo se puede cerrar el menú para la conmutación entre activo y pasivo cuando LOGO! está **activado**.

---

# Capacidad de almacenamiento requerida

La máxima cantidad de bloques funcionales posibles en un programa es lo que rige para las funciones básicas. Si Ud. utiliza en sus aplicaciones funciones especiales, podría reducirse correspondientemente la máxima cantidad de bloques funcionales posibles. A este respecto, obsérvense los datos indicados a continuación.

Los bloques funcionales para las funciones especiales de cada programa tienen una capacidad de almacenamiento especial. En LOGO! se presentan cuatro zonas de memoria distintas. Según la función utilizada se requiere en cada zona de memoria una capacidad de almacenamiento diferente.

Zona de memoria	Significado
	Area donde se almacenan los valores prescritos (p.ej. valores límite del contador). LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad para <b>27</b> unidades.
	Area donde se almacenan los valores reales actuales (p.ej. estado del contador). LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad para <b>24</b> unidades.

Capacidad de almacenamiento requi

Zona de memoria	Significado
○	<p>Area que utilizan las funciones de temporización (p.ej. retardo de desactivación).</p> <p>LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad para <b>10</b> unidades.</p>
RE	<p>Area donde se almacenan de forma <b>remanente</b> los valores reales actuales (p.ej. valor de cómputo de un contador de horas de servicio).</p> <p>Este almacenamiento remanente de los datos sólo es posible en las variantes de LOGO!...L..</p> <p>LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad para <b>7</b> unidades.</p>

**Capacidad de almacenamiento requerida para las funciones**

En la tabla siguiente se expone en conjunto la capacidad de almacenamiento que cada bloque funcional ocupa en cada zona memoria:

Función	Zona de memoria			
	△	□	○	I
Funciones básicas	0	0	0	0
Retardo de activación	1	1	1	0
Retardo de desactivación	2	1	1	0
Relé disipador	1	1	1	0
Relé de impulsos <sup>1</sup>	0	1	0	0
Relé de impulsos <sup>2</sup>	0	0	0	1
Reloj de temporización	6	2	0	0
Relé con autorretención <sup>1</sup>	0	1	0	0
Relé con autorretención <sup>2</sup>	0	0	0	1
Generador de reloj	1	1	1	0

Capacidad de almacenamiento requerida

Función	Zona de memoria			
	△	□	○	RE
Estado de activación memorable	2	1	1	0
Contador <sup>1</sup>	2	2	0	0
Contador <sup>2</sup>	2	0	0	2
Contador de horas de funcionamiento	2	0	0	4
Contador de valor de salida	3	3	1	0

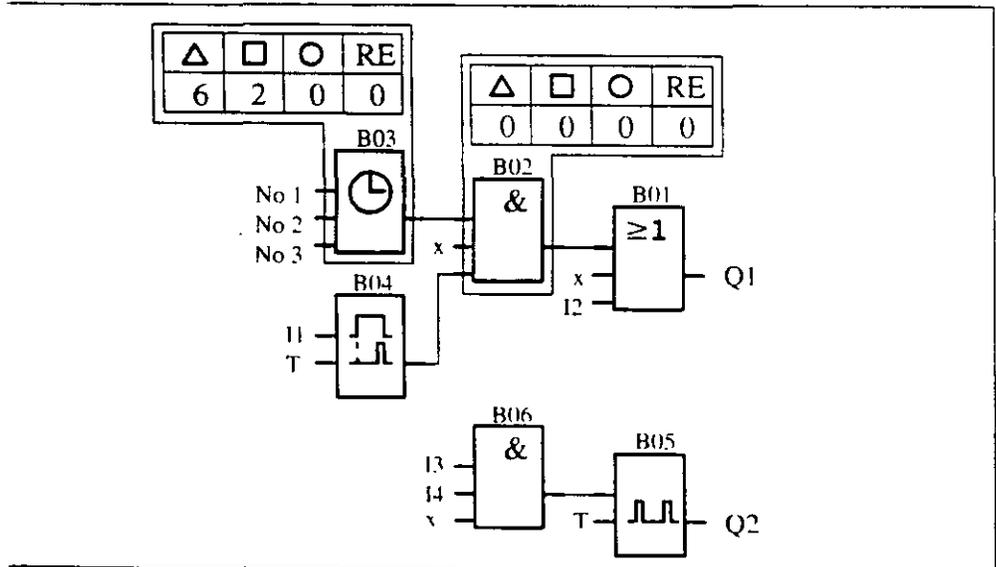
Capacidad de memoria requerida en las variantes de LOGO!...L... sin memoria parametrizable

Capacidad de memoria requerida en las variantes de LOGO!...L... con memoria parametrizable

Las funciones marcadas así ofrecen facilidades adicionales disponibles únicamente en las variantes de LOGO!...L...

Para determinar la capacidad de almacenamiento requerida para un circuito deberán tenerse en consideración siempre todas las zonas individuales de memoria.

Ejemplo:



El programa de ejemplo contiene:

Blo- que Nº	Zona de memoria			
	Función	△	□	○
B01	Función O	0	0	0
B02	Función Y	0	0	0
B03	Reloj de temporización	6	2	0
B04	Retardo de activación	1	1	1
B05	Generador de reloj	1	1	1
B06	Función Y	0	0	0
	Posiciones de memoria ocupadas por el programa	8	4	2
	Límites de almacenamiento en LOGO!	27	24	10
	Aún disponible en LOGO!	19	20	8

De los 30 bloques posibles como máximo en LOGO! ha utilizado Ud. 6 bloques para su programa.

Por consiguiente, este programa puede funcionar en LOGO!.

Si al introducirse un programa no se admitiera ningún otro bloque, significa que está llena una zona de memoria. Su LOGO! sólo le indicará aquellos bloques que aún son admisibles en su memoria. Si ya no caben en LOGO! ninguno de los bloques incluidos en una lista, no es posible seleccionar dicha lista.

Si estuviera ocupada una zona de memoria, es necesario optimizar el circuito o utilizar un segundo LOGO!.

# Abreviaturas

Bloque número 1

Número de bloque

Count (entrada para contador)

Connector (borne)

Direction (dirección para el contador: cómputo progresivo o regresivo)

Enable (conectar el generador de reloj)

Función básica

Leva (reloj de temporización)

Parámetro para contador

Lista de parámetros para diversas funciones

Reset (entrada de reposición)

Set (activar el relé de autorretención)

Función especial

Tiempo (parámetro)

V<sub>act</sub>: actual de un tiempo (este valor se indica en la clase de servicio Parametrización)

Trigger (parámetro)

# Indice

## Simbolos

?, en el display, 46

## Números

4 reglas fundamentales, 28

## A

Activo, 160

Activo – pasivo, conmutación,  
160

Acumulación, de la hora, 63

Ajuste, de la hora, 97

Antes de red desc., 16

Aplicaciones, 104

activación y supervisión cen-  
tralizadas de bombas, 104

activación y supervisión cen-  
tralizadas de varios portones  
correzidos, 104

alumbrado de escaleras o de  
pasillos, 104

bomba de aguas residuales,  
104

cadena luminosas, 104

instalación de ventilación, 104

portón corredizo, 104

puerta automática, 104

torno desarrollador, 104

ASi\_BUS, 160

## B

B11, 4

Bloque, 19

borrar, 44

varios bloques consecu-  
45

Bloques, 22

Bloques conectados en seri

BN, 48

Borne X, 56

Bornes, 19, 20

de LOGO!, 21

entradas, 21

hi, 21

lo, 21

salidas, 21

x, 21

Borrar, de un programa, 46

Bus ASi, 14

LOGO! con, 3

## C

Cable de PC, 102

Cambio del estado de con-  
ción, 9

Capacidad de almacenamien-  
80, 162, 163

Certificación, 3

se de protección, 42

servicio

parametrización, 29

programación, 29

48

incompatibilidad ascendente, 83

inductor bifilar, 14

lector de bus, 14

mutación, activo – pasivo,

50

mutador de valor de umbral,

8

mutador adelante/atrás, 70

mutador de horas de servicio,

3

recepción de introducciones

fróneas, 46

A

visor, 28

## D

datos técnicos, 145

generales, 145

LOGO! 230....., 147

LOGO! 24, LOGO! 24R,

LOGO! 24RC, 150

LOGO! 24L, LOGO! 24RL,

LOGO! 24LB11, LOGO!

24RLB11, 153

desmontaje del módulo, 86

detectores de proximidad, 9

día de la semana, 62

diagrama de conjunto, 24

Display, de LOGO!, 23

Display LCD, 2

## E

Ejemplo, introducir el programa, 32

Enchufar módulo de program/ tarjeta, 86

Esclavo, 4

Esquema de circuitos, 25

del ... a LOGO!, 25

## F

FM, 3

Funciones, 48

capacidad de almacenamiento, 163

Funciones básicas, 48, 49

Funciones especiales, 48, 54

## G

Generator de impulsos, simétrico, 68

Generator de impulsos simétrico, 68

## H

Hora

acumulación, 63

ajustar, 97

Hora de activación, 62  
Hora de desactivación, 62  
Horario de invierno, 99

## I

Intercalar un bloque, 40  
Interfaz AS, 2  
Introducción del programa,  
ejemplo, 32  
INVERSOR, 51

## L

Lámparas de efluvios, 9  
Levas, 63  
superposición, 63

Lista  
BN, 48  
Co, 48  
GF, 48  
SF, 48

LOGO!, 19, 81, 91  
conexión con PC, 102  
estados de servicio, 18  
estructura de, 2  
identificación de, 4  
variantes, 3

LOGO!...LB11, en el bus ASi,  
15

LOGO!-Soft, 100  
instalación, 101

## M

Maestro ASi, 14  
Magnitud de un circuito, 80  
Menús de LOGO!, 29  
Modo de servicio, parámetro  
ción, 92  
Módulo de programa  
con protección know-how  
manencia, 81  
con remanencia, 81  
desmontaje, 85  
inserción, 85  
Módulo estándar, 81  
Módulo lógico, 1

## N

Número de bloque, asignación  
de, 23

## O

O, 50  
O-EXCLUSIVO, 53  
O-NEGADO, 52

## P

Panel de manejo, 2

---

metro  
1, 62  
57  
ualización/enmascara-  
niento, 42  
metros  
estación, 91  
cción, 94  
odificación, 95  
o, 160  
ificación, 28  
ionamiento del cursor, 28  
entación de LOGO!, 1  
rama, borrar, 46  
ramas  
thivar, 81  
iar por correo, 81  
roducir, 81  
edes de los sensores,  
a LOGO!, 9  
ción simultánea, 28

## R

ptáculo de módulo, 2  
estimiento, 2  
desc., 16  
as, 4 fundamentales, 28  
as fundamentales, 28  
con autorretención, 67  
de impulsos, 60  
disipador, 76

Reloj, LOGO! con, 3  
Reloj de temporización, 1, 61,  
64  
activar, 64  
ejemplos, 65  
Reloj de temporización semanal,  
4  
Remanencia, 56  
Reserva de marcha, 63  
Retardo de activación, 58  
memorizado, 69  
Retardo de activación memori-  
zado, 69  
Retardo de desactivación, 59  
RUN, 37  
conmutación a, 37

## S

Salidas de relé, 156  
capacidad de conmutación,  
156  
LOGO! con, 3  
vida útil, 156  
Salidas de transistor, 13  
LOGO! con, 3  
Símbolo CE, 3  
Símbolos para LOGO!, 4  
Sistema ASi, 14

---

**T**

T. *Véase* Zeit

Tipos de equipo, LOGO!, 1

**U**

UL, 3

**V**

Visualización en el display, 2

**Y**

Y, 50

Y-NEGADA, 52



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSOS  
CA 141**

# **INSTRUMENTACION DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACION)**

**TEMA**

**MANIOBRA Y MANDO:  
INNOVACIÓN CON LOGO**

**M. en I. RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
PALACIO DE MINERIIA  
FEBRERO DE 2003**

# Maniobra y mando, con flexibilidad y a buen precio

## LOGO! convence

LOGO! se está utilizando hoy en día con éxito en todo el mundo, en el sector industrial y artesanal y ha dejado atrás los métodos de maniobra y mando convencionales. LOGO! convence por sus grandes ventajas: instalación rápida, reducción de los trabajos de cableado y creación sencilla de programas. Además, tiene un diseño compacto y ofrece gran cantidad de funciones prácticas. 8 funciones básicas y 21 funciones especiales para soluciones flexibles y económicas.

## Con LOGO! se ahorra dinero

LOGO! sustituye de un golpe a toda una serie de aparatos de maniobra con funciones por un precio realmente sorprendente. Tiene integradas funciones de programación, manejo y visualización, además, ocupa menos espacio en el armario de distribución, necesita menos accesorios y permite reducir hasta un 50% los costes de mantenimiento. Se reducen así los costes de instalación y mantenimiento. Con LOGO! se ahorra dinero en el momento de la compra y en el mantenimiento a largo plazo.

## Con LOGO! se ahorra tiempo

Con LOGO! el tiempo necesario para la configuración, instalación y mantenimiento de un sistema LOGO! disminuye. Así como el tiempo que debe invertirse en el aprendizaje, gracias a la introducción sencilla de programas, pudiéndose introducir en pocas teclas.

El usuario puede utilizar gratuitamente los programas ya existentes o crear sus propios en el PC y transferirlos a LOGO! mediante un módulo de programa o un cable para PC. Una vez creado el programa, este se puede utilizar y utilizar de forma rápida y segura para cualquier otra aplicación. El reducido tiempo de puesta en marcha cuando se trata de pequeñas series, da el impulso necesario a la fabricación en serie.

Además, con LOGO! hasta la instalación resulta más sencilla ya que basta con abrocharlo a un perfil soporte normalizado.

Y, si posteriormente se desea hacer algún cambio, no habrá que cablear o recablear sino tan sólo pulsar teclas o enchufar un módulo de programa.

## Con LOGO! se ahorra espacio

LOGO! permite ahorrar un 70% de espacio en el armario de distribución y en el almacén. Pues con una anchura de cuatro unidades modulares, LOGO! permite codificar en un solo perfil las funciones de muchos relés, temporizadores y contactores auxiliares. Además, se ahorra en accesorios como cables de cables, cables, perfiles y material de fijación. Con solo pocas variantes LOGO! de reserva estará preparado para cualquier aplicación.

## LOGO! es estándar

Quien adquiere por LOGO! adquiere con la seguridad configuración más sencilla, instalación más rápida. Cableado sencillo como cableado más seguro. Fácilidad para su adaptación programada. Datos técnicos rápidos y comprensibles. Ahorro de espacio y servicio técnico.

## LOGO! es robusto

LOGO! cumple los requisitos más severos en materia de compatibilidad electromagnética, resistencia a vibraciones y funcionamiento en la alta humedad.

Por lo tanto, LOGO! es apto para la industria y además, como cumple los requisitos de seguridad, puede instalarse sin problemas en zonas residenciales mixtas con pequeña industria.

LOGO! dispone de todos los certificados necesarios. La homologación internacional es para navíos lo que permite utilizarlo en todo el mundo, incluso en alta mar.

**Ya hay cientos de miles de LOGO!  
en acción: en industria y artesanía**

## Controles de luz

para iluminación exterior e interior en:

- Viviendas
- Oficinas, hoteles, centros comerciales
- Aparcamientos
- Centros industriales

## Sistemas de vigilancia

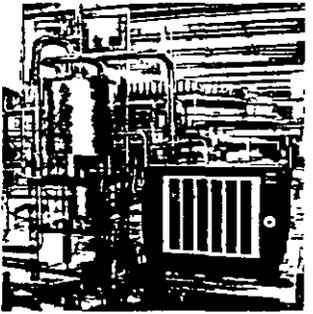
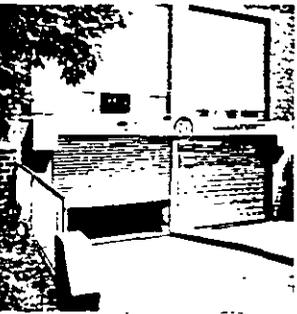
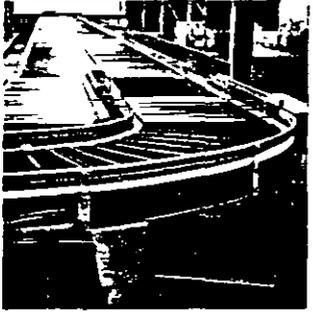
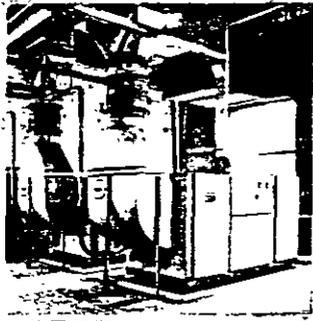
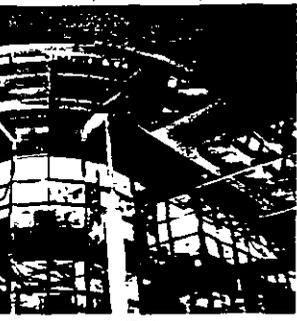
- Controles de acceso
- Vigilancia de estacionamientos
- Vigilancia de controles de marcha
- Alarmas
- Control de valores límite
- Semáforos
- Control de equipajes

## Controles de puertas

- Puertas industriales y de garaje
- Puertas automáticas
- Barreras
- Escotillas y puertas de yates y barcos

## Ingeniería de edificios

- Sistemas de irrigación y aspersión
- Control de persianas y toldos
- Control de efectos especiales en centros de exposición y espectáculos



### **Calefacción, ventilación y aire acondicionado**

- Gestión de energía
- Calefacción
- Sistemas frigoríficos
- Sistemas de ventilación
- Sistemas de aire acondicionado

### **Medios de transporte**

- Cintas transportadoras
- Plataformas elevadoras
- Ascensores
- Silos
- Tornos automáticos

### **Controles de máquinas**

- Controles de motores, bombas y válvulas
- Compresores neumáticos
- Sistemas de aspiración y filtrado
- Depuradoras
- Sierras y cepillos
- Plegadoras, cizallas y equipos de soldadura
- Máquinas de decapado y limpieza

### **Soluciones especiales**

- Instalaciones de energía solar
- Aplicación en barcos
- Aplicación en condiciones ambientales extremas
- Control de paneles de indicación y de tráfico

# LOGO!Basic Y LOGO!Pure

## Completo y compacto, algunos de los adjetivos más convincentes de LOGO!

Esta es la razón por la que hemos integrado todo el repertorio funcional en todas las variantes Basic, Pure, Long y 'Bus de LOGO!'

Ello te permite el máximo de flexibilidad. Al fin y al cabo, las 6 funciones básicas y las 21 funciones especiales pueden combinarse hasta 56 veces.

Se puede optar por un máximo de:

- 16 funciones horarias
- 24 funciones de contador
- 3 interruptores horarios
- 3 contadores de horas de funcionamiento
- 42 reles de impulso de corriente
- 42 reles con autorretención y
- funciones para procesar valores analógicos (textos de aviso).

La combinación de diferentes funciones permite reducir el volumen de datos a controlar.

Es pues, el más de los componentes involucrados como interruptores horarios, reles de tiempo, contadores, contadores auxiliares. LOGO! lo tiene todo integrado.

### LOGO!Pure - LOGO! sin pantalla

Porque algunas aplicaciones pueden prescindir de ella. Por ejemplo aplicaciones en pequeña maquinaria fabricada en serie o en cuadros paneles eléctricos en instalaciones.

LOGO!Pure no sale a cuenta para aplicaciones en las que deben sustituirse de los tres aparatos de maniobra convencionales. LOGO!Pure es muy fácil de manejar, está protegido contra intervenciones no autorizadas, es compatible con LOGO!Basic y se programa con LOGO!Soft, Comfort.

## Bornes de alimentación

Aquí se conecta la tensión de alimentación. Para cada tensión de red - 12 V DC, 24 V DC o 24 V, 115 V - 230 V AC - se ofrece la variante de LOGO! correspondiente.

## Pantalla LCD

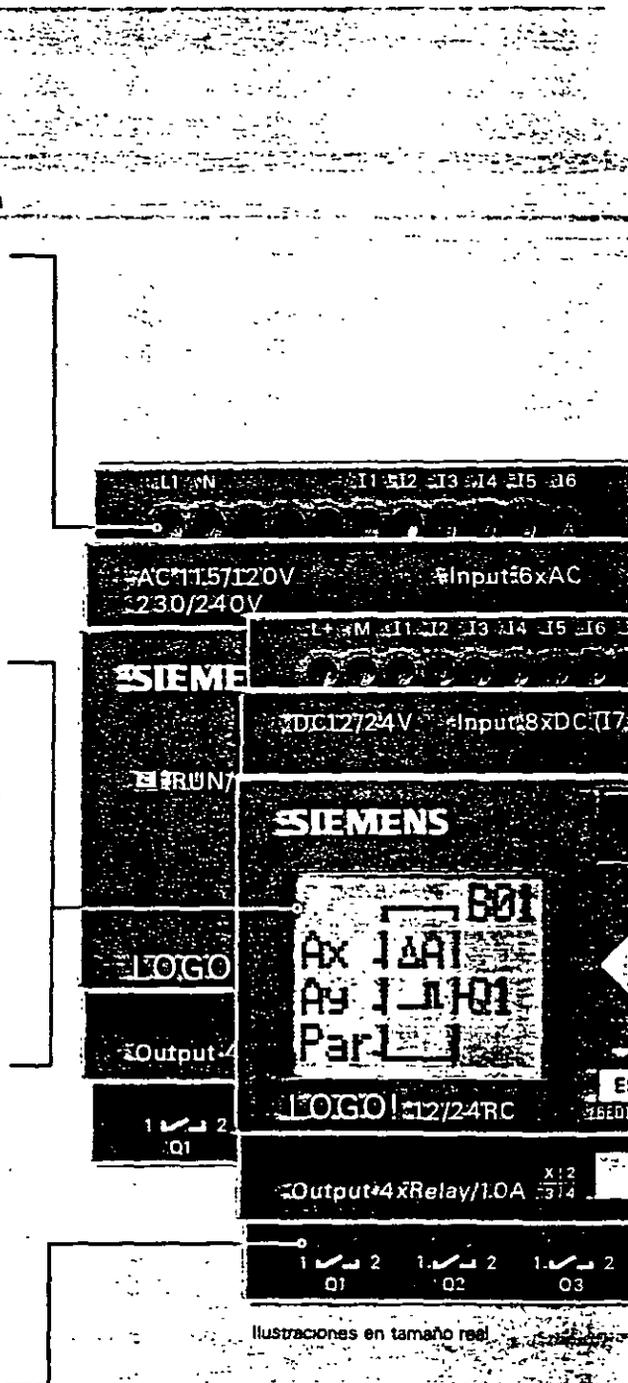
Al introducir el programa se visualizan todos los pasos (p. ej. combinaciones lógicas y valores de consigna) así como las funciones básicas y especiales integradas ya configuradas (p. ej. para temporizadores, contadores, interruptores horarios .....).

Durante el funcionamiento se muestra el estado de las entradas y salidas y (en las variantes C con reloj integrado) también la fecha y la hora.

Como LOGO!Pure prescinde de teclado y pantalla. Su comportamiento en arranque se ha modificado de forma que, con programa válido, pase automáticamente de STOP a RUN. Los estados operativos respectivos (PowerOn, RUN, STOP) se señalan mediante un LED en el frontal.

## Salidas digitales

Dotadas de gran potencia de maniobra (10 A), que permiten mandar directamente los consumidores (p. ej. iluminación, pequeños motores, válvulas).



Ilustraciones en tamaño real

### Entradas digitales/analogicas

Aquí se conectan de forma simple y directa contactos, pulsadores o sensores. Con las variantes LOGO! de DC 12 V y DC 24 V ahora también se pueden utilizar 2 entradas más. I7 y I8 para procesar valores analógicos.

### Interface para módulo de programa o cable para PC

En su programa, los valores de consigna están siempre guardados en la memoria EEPROM integrada, a salvo de fallos de alimentación. Utilizando módulos de programa LOGO! podrá duplicar en un santiamén los programas ya creados o guardar sus datos

Y, si lo desea, puede conectar directamente el LOGO! a su PC utilizando el cable apropiado

Pues el programa creado con LOGO!Soft Comfort puede transferirse del PC al LOGO! y viceversa, a través del cable para PC

### Teclado

Las 6 teclas sirven para introducir el programa deseado. Es decir, basta pulsar unas pocas teclas para combinar las funciones integradas y, todo ello, sin conocimientos especiales

¿Todo claro?, entonces pulse "OK" y quedará listo su "cableado"

Datos técnicos	LOGO!12/24RC	LOGO!24	LOGO!24RC	LOGO!230RC
Entradas	8	8	6	6
Entradas analógicas	2 (0 a 10 V)	2 (0 a 10 V)	-	-
Tension de entrada/alimentación	DC 12/24 V	DC 24 V	AC 24 V	AC 115/230 V
Margen admisible	12 V, 10,8 V a 15,6 V DC 24 V, 20,4 V a 28,8 V DC	20,4 V a 28,8 V DC	20,4 V a 26,4 V AC	85 V a 265 V AC
con señal "0" con señal "1"	max 5 V DC min 8 V DC	máx. 5 V DC mín. 12 V DC	max 5 V AC min 12 V AC	max 40 V AC min. 79 V AC
Intensidad de entrada	1,5 mA 12 V DC/ 2,5 mA 24 V DC	1,5 mA	2,5 mA	0,08 mA
Salidas	4 relés	4 transistores	4 relés	4 relés
Intensidad permanente	10 A con carga ohmica 3 A con carga inductiva	0,3 A	10 A con carga ohmica 3 A con carga inductiva	10 A con carga ohmica, 3 A con carga inductiva
Proteccion contra cortocircuitos	Necesita proteccion externa	electronica (aprox 1 A)	Necesita proteccion externa	Necesita proteccion externa
Frecuencia de manobra	2 Hz con carga ohmica, 0,5 Hz con carga inductiva	10 Hz	2 Hz con carga ohmica, 0,5 Hz con carga inductiva	2 Hz con carga ohmica, 0,5 Hz con carga inductiva
Disipacion	0,1 a 1,2 W (12 V) 0,2 a 1,6 W (24 V)	0,2 a 0,5 W	0,3 a 1,8 W	1,1 a 3,5 W (115 V) 2,3 a 4,6 W (230 V)
Interruptores notarios (reserva de marcha)	8/typ 80 h	—	8/typ 80 h	8/typ 80 h
Cables de conexion	2 x 1,5 mm, 1 x 2,5 mm			
Temperatura ambiente	0 a +55 °C			
Temperatura de almacenamiento	-40 a +70 °C			
Supervencion de las alimentaciones	segun EN 55011 (Valores Limites B)			
Grado de proteccion	IP 20			
Homologacion	segun VDE 0631, IEC 1131, UL, FM, CSA, certificaciones marinas			
Fijacion	sobre perfil normalizado 35 mm, anchura 4 unidades modulares (UM)			
Dimensiones	72 (4UM) x 90 x 55 mm (A x A x P)			



# LOGO!Long y LOGO!Bus

## LOGO!Long ofrece el doble sin perder por ello compacidad

LOGO!Long ofrece nada menos que 12 entradas y 8 salidas, justamente el doble que las variantes Basic. Es decir, si su aplicación requiere más entradas o salidas, basta con que utilice este modelo. Además, incluso ahorra espacio: en efecto, LOGO!Long ocupa muchas menos unidades modulares en el perfil normalizado que dos LOGO!Basic.

## LOGO!Bus: conectividad integrada

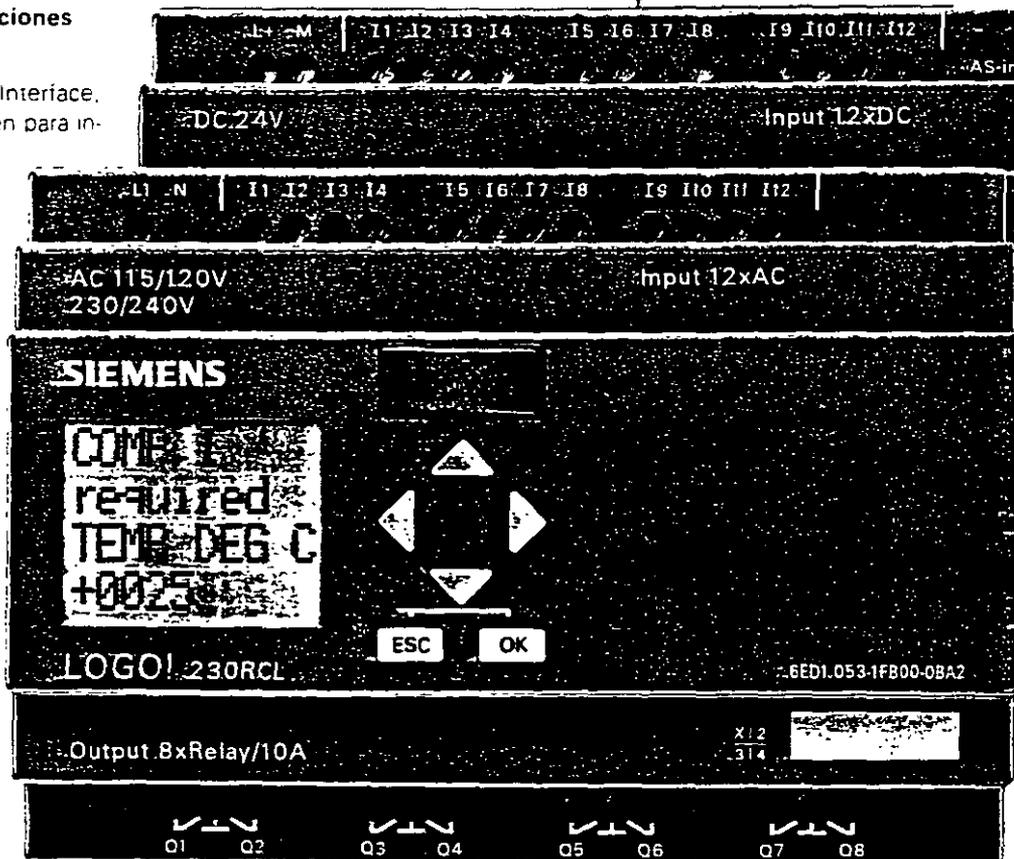
En su condición de esclavo para el bus AS-Interface (AS-i) inteligente, LOGO! conserva su facilidad de uso ya que la comunicación no exige ninguna actividad de ingeniería adicional.

## ¡No le afectan las perturbaciones en el bus!

Ai ser esclavos en el bus AS-Interface, las variantes LOGO!Bus sirven para intercambiar en sistemas interconectados alarmas e informaciones de estado y mando con equipos de control de jerarquía superior, por ej. el micro-PLC SIMATIC S7-200. LOGO!Bus puede funcionar también con plena autonomía: es decir, si aparece un defecto en el bus.

## Nuevas oportunidades para LOGO!Bus

La interoperabilidad perfecta del maestro y de los esclavos inteligentes abren nuevas perspectivas de aplicación en numerosos pequeños automatismos descentralizados, gracias a la red AS-Interface. LOGO!Bus ofrece las mismas funcionalidades, además de la conectividad a través de la red en bus AS-Interface. Esto es importante a la hora de ejecutar tareas de control descentralizadas o distribuidas con un sistema de manejo y visualización central como, por ejemplo, en automatizaciones de puertas, automatizaciones de iluminación para habitaciones de hotel, controles de acceso o barreras fotoeléctricas. O si se desea coordinar sistemas de fabricación y transporte a través de un control central.



Ilustraciones en tamaño real

Datos técnicos	LOGO!12RCL	LOGO!24L	LOGO!24RCL	LOGO!230RCL	LOGO!24RCLB11	LOGO!230RCLB11
Entradas	12	12	12	12	12	12
Entradas AS+	-	-	-	-	4	4
Tensión de entrada/alimentación	DC 12 V	DC 24 V	DC 24 V	AC 115, 230 V	DC 24 V	AC 115, 230 V
Margen admisible	10,8 V a 15,6 V DC	20,4 V a 28,8 V DC	20,4 V a 28,8 V DC	85 V a 265 V AC	20,4 V a 28,8 V DC	85 V a 265 V AC
con señal "0"	max 4 V DC	max 5 V DC	max 5 V DC	max. 40 V AC	max 5 V DC	max 40 V AC
con señal "1"	min 8 V DC	min 12 V DC	min 12 V DC	min. 79 V AC	min 12 V DC	min 79 V AC
Intensidad de entrada	1,5 mA	4,5 mA	4,5 mA	0,08 mA	4,5 mA	0,08 mA
Salidas	8 reles	8 transistores	8 reles	8 reles	8 reles	8 reles
Salidas AS+	-	-	-	-	4	4
Intensidad permanente	Por borne 10 A con carga ohmica, 3 A con carga inductiva	0,3 A	Por borne 10 A con carga ohmica, 3 A con carga inductiva	Por borne 10 A con carga ohmica, 3 A con carga inductiva	Por borne 10 A con carga ohmica, 3 A con carga inductiva	Por borne 10 A con carga ohmica, 3 A con carga inductiva
Proteccion contra cortocircuitos	Necesita proteccion externa (max 16 A)	electronica (aprox 1 A)	Necesita proteccion externa (max 16 A)	Necesita proteccion (max 16 A)	Necesita proteccion externa (max 16 A)	Necesita proteccion externa (max 16 A)
Frecuencia de manobra	2 Hz con carga ohmica 0,5 Hz con carga inductiva	10 Hz	2 Hz con carga ohmica 0,5 Hz con carga inductiva	2 Hz con carga ohmica 0,5 Hz con carga inductiva	2 Hz con carga ohmica 0,5 Hz con carga inductiva	2 Hz con carga ohmica 0,5 Hz con carga inductiva
Disipacion	0,1 a 2,0 W	0,2 a 0,8 W	0,3 a 2,9 W	1,7 a 7,5 W (115 V) 3,4 a 9,2 W (230 V)	0,3 a 2,9 W	1,7 a 7,5 W (115 V) 3,4 a 9,2 W (230 V)
Interruptores notarios Reserva de marcha	8/typ 80 h	-	8/typ 80 h	8/typ 80 h	8/typ 80 h	8/typ 80 h
Cables de conexión	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> , 1 x 2,5 mm <sup>2</sup>					
Temperatura ambiente	0 to +55 °C					
Temperatura de almacenamiento	-40 to +70 °C					
Supresion de ruidos interferencias	segun EN 55011 valores limites B					
Grado de proteccion	IP 20					
Homologacion	segun VDE 0631, EC, UL, FM, CSA certificaciones marinas					
Fijacion	sobre perfil normalizado 35 mm, anchura 7 unidades modulares (UM)					
Dimensiones	126 (7UM) x 90 x 55 mm (L x l x P)					

# ¿Cablear? Ahora basta con pulsar teclas

Con LOGO! es mucho más simple,  
rápido y cómodo

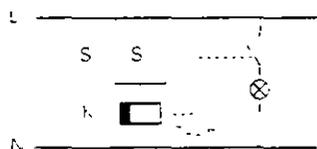
Puesto que en LOGO! hemos integrado todo lo que necesita, incluso las funciones. Así, el LOGO! está preparado para toda clase de soluciones estándar. Y aún tiene suficientes reservas para exigencias específicas del cliente como, por ejemplo, lograr más confort o ahorro de energía. Es obvio que también se reducen considerablemente el tiempo y los trabajos usuales cuando hay que realizar modificaciones, sustituciones, ampliaciones y actualizaciones. En efecto, solo hace falta pulsar unas teclas para combinar las funciones integradas y crear un nuevo esquema. Con ello se logra un "recableado" fácil sin necesidad de cambiar material que, como se sabe, vale mucho dinero.

## Del esquema eléctrico al esquema funcional de LOGO!

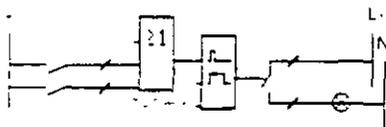
Si hasta la fecha trataba con esquemas eléctricos, no le representará ningún problema empezar a trabajar con el esquema o diagrama funcional de LOGO!. Solo hace falta interconectar las funciones listas para su empleo integradas en LOGO! para crear un esquema funcional.

Ejemplo: Tras abrir los interruptores S1 y S2, la lámpara deberá seguir funcionando 2 minutos más.

Si el esquema eléctrico habitual



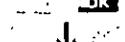
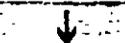
Se crea un nuevo programa con LOGO!



## Manejo

No Program

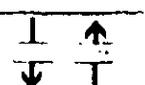
I: 123456  
Mo 09:00  
Q: 1234 RUN



>Program..  
PC/Card..  
Start

Pulsar simultáneamente

Crear programa  
Intercambio de datos PC/módulo  
Iniciar programa



>Edit Prs  
Clear Prs  
Set Clock

Introducir programa  
Borrar programa  
Ajustar interruptor horario



>Q1

Introducir programa  
(de salida a entrada)

## Conectores (Co)

I1	Q1	Entradas/salidas Variantes Basic
I2	Q2	
I3	Q3	
I4	Q4	
I5		
I6		
I7	Q5	Entradas/salidas adicionales Variantes Long
I8	Q6	
I9	Q7	
I10	Q8	
I11		
I12		
Ia1	Qa1	Entradas/salidas AS-Interface
Ia2	Qa2	
Ia3	Qa3	
Ia4	Qa4	
M1		Marcas
M2		
M3		
M4		
M5		
M6		
M7		
M8		
	hi	Estado de señal "1"
	lo	

## Notas



= Con cursor " " → Mover



= Con cursor "■" → Seleccionar  
p. ej. de

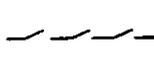
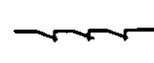
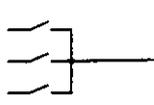
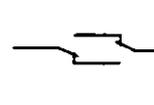
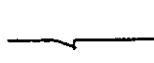
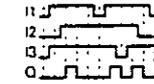
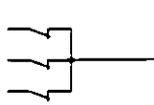
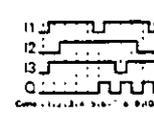


= Confirmar

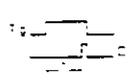
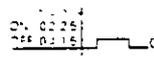
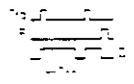
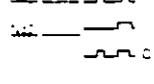
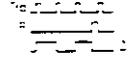
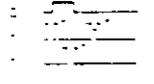
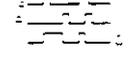
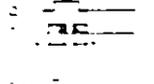
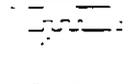
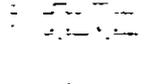
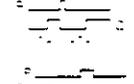
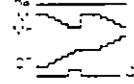
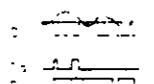
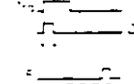
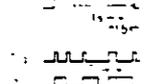
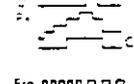
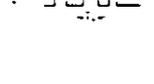
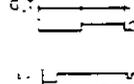


= Retroceder un paso

## Las 8 funciones básicas integradas (GF)

	<b>AND (Y)</b> Conexión de contactos NA en serie			<b>NOR (NO-O)</b> Conexión de contactos NC en serie	
	<b>OR (O)</b> Conexión de contactos NA en paralelo			<b>XOR (O-EX)</b> Commutador cable	
	<b>NOT (NO)</b> Inversor			<b>AND con evaluación de flancos (flanco pos.)</b>	
	<b>NAND (NO-V)</b> Conexión de contactos NC en paralelo			<b>NAND con evaluación de flancos (flanco neg.)</b>	

## Las 21 funciones especiales integradas (SF)

	Retardo a la conexión			Interruptor horario de programa anual	
	Retardo a la desconexión			Interruptor horario	
	Telerruptor (rele) bistable de impulso de corriente			Retardo a conexión/ desconexión	
	Rele con autorretención			Generador aleatorio	
	Generador de impulsos			Rele de paso momentáneo disparado por flanco	
	Retardo a la conexión memorizado			Comparador de frecuencia Analógico	
	Contador de horas de funcionamiento			Comparador analógico	
	Rele de paso momentáneo/salida de impulsos			Interruptor de luz de escalera	
	Contador adelante/atras			Interruptor de confort	
	Comparador de frecuencia			Textos de aviso	
	Generador de impulsos asincrónico				

# Todo entorno a LOGO!

## LOGO!Soft Comfort, el comfortable software de programación

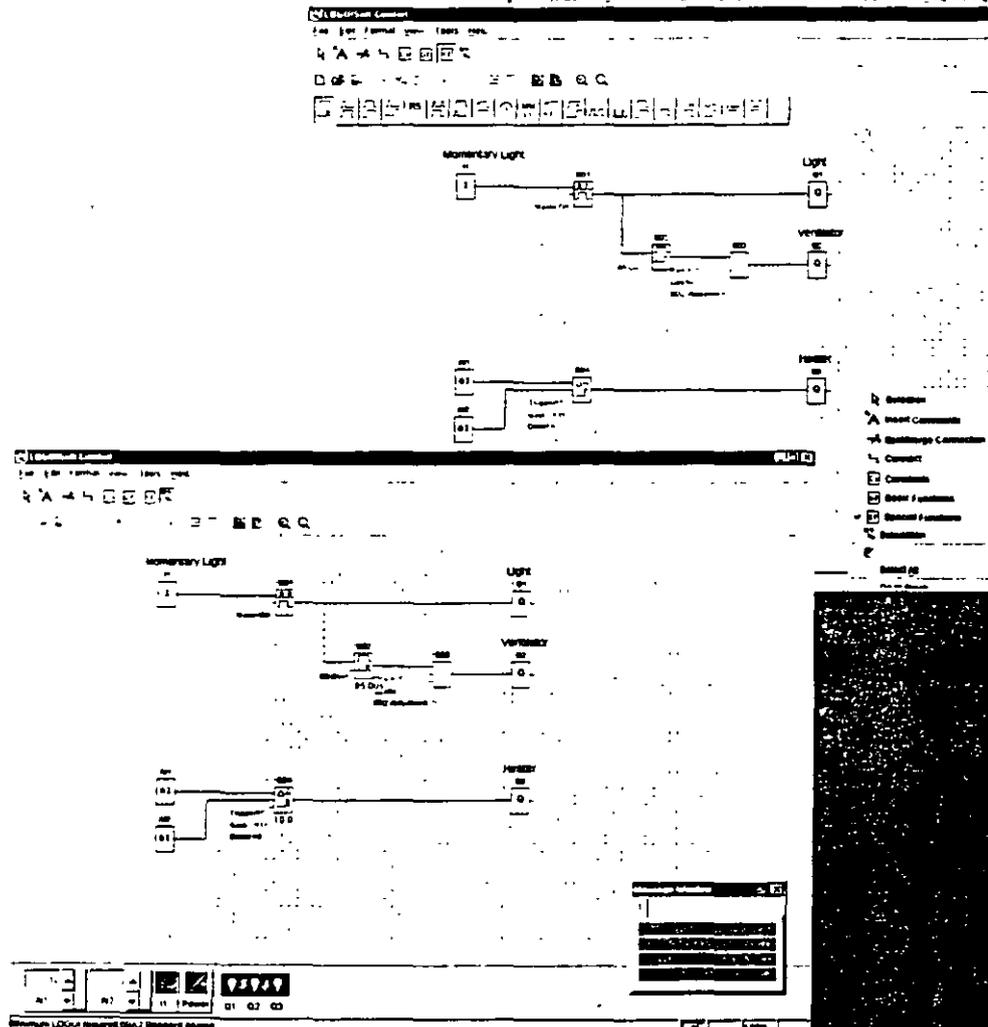
Este software de programación multilingüe corre en Windows y permite crear, probar y simular, modificar, archivar e imprimir programas en un PC, incluso con independencia de LOGO!

LOGO!Soft Comfort le ofrece un claro interface de trabajo en el que puede visualizar y modificar su programa en vista general. Utilizando botones se activan conectores y funciones básicas y especiales en la barra de herramientas y se insertan fácilmente en el programa por "plug & play". Dichos elementos pueden moverse y conectarse de forma arbitraria. Los programas pueden simularse en modo offline, y muestra de forma simultánea el estado de diversas funciones especiales en diferentes ventanas.

La versión 2.0 permite alinear las funciones de forma aún más clara. Durante la simulación de programa se puede ver el estado de todas las funciones mediante cambio a color de todas las líneas de unión. Se tiene la posibilidad de visualizar los valores momentáneos directamente junto a la función.

Las posibilidades de documentación son simples y fáciles de usar. Las entradas/salidas así como los bloques de función pueden aclararse con comentarios. El programa se imprime utilizando plantillas conformes a la norma

LOGO!Soft Comfort ofrece una extensa ayuda en línea en formato PDF y en varios idiomas. Para poder aplicar el nuevo LOGO!Soft Comfort se requiere un PC con lector de CD-ROM y sistema operativo de Microsoft Windows 95 o superior.

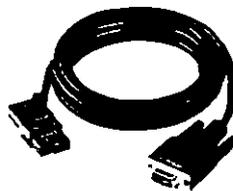


### Módulos de programa LOGO!, los pequeños módulos auxiliares para el programa

Con el módulo amarillo para duplicar y con el módulo rojo para salvaguardar datos los módulos de programa LOGO! le ofrecen siempre las mejores cartas

### LOGO!Contact, el módulo de conmutación sin zumbidos

LOGO!Contact permite manejar consumidores resistivos de 20 A y motores de hasta 4 kW directamente y sin zumbidos. Ideal para consumidores de alta potencia en entornos sensibles a los ruidos



### Cable para PC LOGO!, la conexión directa más simple con LOGO!

El cable para PC LOGO! es el método más sencillo para transferir directamente el programa al LOGO! y viceversa.



### Manual LOGO!, las instrucciones

Aquí encontrará información detallada sobre la forma de manejar LOGO! y todas las funciones integradas, así como gran cantidad de ejemplos prácticos de aplicación



### LOGO!Power, la alimentación perfecta

Para todos los modelos LOGO! de 12 V DC y 24 V DC hay dos variantes LOGO!Power para diferentes intensidades de salida. Dichas fuentes convierten sin la menor dificultad la tensión de red 120/230 V AC en una tensión en corriente continua.



# LOGO! de un vistazo

## Variantes LOGO!Basic / LOGO!Pure

6 entradas, 4 salidas

72 (4UM) x 90 x 55 mm (A x A x P)

R Salidas de rele, C Clock/interruptor horario, o sin pantalla

• 12/24RC	6ED1 052-1MD00-0BA2
• 24	6ED1 052-1CC00-0BA2
• 24RC	6ED1 052-1HB00-0BA2
• 230RC	6ED1 052-1FB00-0BA2
• 12/24RCo	6ED1 052-2MD00-0BA2
• 24RCo	6ED1 052-2HB00-0BA2
• 230RCo	6ED1 052-2FB00-0BA2

## Variantes LOGO!Long / LOGO!Bus

12 entradas, 8 salidas

126 (7UM) x 90 x 55 mm (A x A x P)

R: Salidas de rele C: Clock/interruptor horario L: Long B: Bus

• 12RCL	6ED1 053-1BB00-0BA2
• 24L	6ED1 053-1CA00-0BA2
• 24RCL	6ED1 053-1HB00-0BA2
• 230RCL	6ED1 053-1FB00-0BA2
• 24RCLB11	6ED1 053-1HB00-0BA2
• 230RCLB11	6ED1 053-1FB00-0BA2

## Accesorios LOGO! (opcional)

• Soft Comfort V2.0	6ED1 056-0BAC0-0YCC
• Actualización V1.0 a V2.0	6ED1 056-0CA00-0YCC
• Cable PC	6ED1 057-1AA00-0BA2
• Card yellow	6ED1 056-1BAC0-0AAC
• Card red	6ED1 056-4BAC0-0AAC
• Manual en alemán	6ED1 050-1AA00-0AEE
• Manual en inglés	6ED1 050-1AA00-0BEE
• Manual en francés	6ED1 050-1AA00-0CEE
• Manual en español	6ED1 050-1AA00-0DEE
• Manual en italiano	6ED1 050-1AA00-0EEE
• Manual en portugués	6ED1 050-1AA00-0GEE
• Contact 24	6ED1 057-4CA00-0AAC
• Contact 230	6ED1 057-4E-00-0AAC

Designación del producto Ref. Siemens



**LOGO! está disponible cerca de Vd.:**

En todas las sucursales Siemens, en distribuidores autorizados y en empresas de venta por correo o en el Internet.



**LOGO! en Internet**

Aquí encontrará en Products and Downloads productos y software para descargar (incluyendo software de demostración gratuito, actualizaciones de software y aplicaciones listas para su uso) y noticias en News (p. ej. la revista de clientes GO!), bajo Service and Dialog podrá comprar y recibir asistencia personalizada en línea:  
[www.ad.siemens.de/logo](http://www.ad.siemens.de/logo)

**Su interlocutor local para LOGO!**

Siemens AG  
Automatización y Accionamientos  
Postfach 48 48  
D-90027 Nürnberg

La edición 08/2005 anula a todas las anteriores.  
Sujeto a cambios sin previo aviso.

Siemens Aktiengesellschaft

Rev. E20001 A010 F271 117800  
Impreso en Alemania  
© 2005 Siemens AG, D-90027 Nürnberg

*Excellence in  
Automation & Drives:  
Siemens*



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

## **CURSOS ABIERTOS**

**CURSOS  
CA 141**

# **INSTRUMENTACION DE PROCESOS INDUSTRIALES (SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACION)**

**TEMA**

**MODULO LÓGICO UNIVERSAL LOGO EN LA  
PRACTICA  
EJEMPLOS DE APLICACIÓN PARA UNA MANIOBRA  
Y MANDOS SIMPLES, CONFORTABLES Y  
ECONÓMICOS EN LA INDUSTRIA Y SECTORES A  
FINES**

**M. en I. RICARDO GARIBAY JIMENEZ  
PALACIO DE MINERIA  
FEBRERO DE 2003**

# Indice:

## Aplicaciones LOGO!

**Ejemplo 1**  
Irrigación de plantas  
de un invernadero

**Ejemplo 2**  
Mando de cintas  
transportadoras

**Ejemplo 3**  
Mando de una máquina  
dobladora

**Ejemplo 4**  
Iluminación de un  
escaparate

**Ejemplo 5**  
Mando de un timbre  
en un colegio

**Ejemplo 6**  
Supervisión de las plazas  
de un parking

**Ejemplo 7**  
Iluminación exterior

**Ejemplo 8**  
Mando de persianas

**Ejemplo 9**  
Iluminación exterior  
e interior de una casa

**Ejemplo 10**  
Mando de un agitador  
para crema

**Ejemplo 11**  
Iluminación de  
un gimnasio

**Ejemplo 12**  
Utilización equilibrada  
de tres consumidores

**Ejemplo 13**  
Mando secuencial  
de una máquina  
para soldar cables  
de gran sección

**Ejemplo 14**  
Selección de velocidad  
de un ventilador

**Ejemplo 15**  
Su aplicación LOGO!  
podría figurar aquí

# Irrigación de plantas de un invernadero

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 1

### Problema planteado

LOGO! debe mandar la irrigación de las plantas de un invernadero. Debe hacerse distinción entre tres tipos de plantas. Se trata, para el tipo 1, de plantas acuáticas colocadas en una piscina donde el nivel de agua debe situarse siempre dentro de un margen determinado. Las plantas del segundo tipo deben irrigarse durante 3 minutos por la mañana y la tarde y las del tercer tipo durante 2 minutos, una tarde sí y otra no.

Naturalmente, la irrigación automática puede desconectarse.

### La solución LOGO!

#### Irrigación de las plantas del tipo 1

Los interruptores de flotador de los valores mínimo y máximo conectados a las entradas I1 e I2 aseguran el mantenimiento del nivel de agua en el margen prescrito.

#### Irrigación de las plantas del tipo 2

Un conmutador horario lanza cada día la irrigación durante 3 minutos, por la mañana de 6h00 a 6h03 y por la tarde de 20h00 a 20h03.

#### Irrigación de las plantas del tipo 3

La función «relé biestable por impulso de corriente» permite irrigar las plantas solo cada segundo día, por la tarde y durante 2 minutos cuando entre en acción el interruptor crepuscular conectado al borne I3.

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- I1 Interruptor de flotador para valor máximo, contacto NC
- I2 Interruptor de flotador para valor mínimo, contacto NA
- I3 Interruptor crepuscular, contacto NA
- I4 Interruptor para mando automático de la irrigación, contacto NA
- Q1 Electroválvula para irrigación de las plantas del tipo 1
- Q2 Electroválvula para irrigación de las plantas del tipo 2
- Q3 Electroválvula para irrigación de las plantas del tipo 3

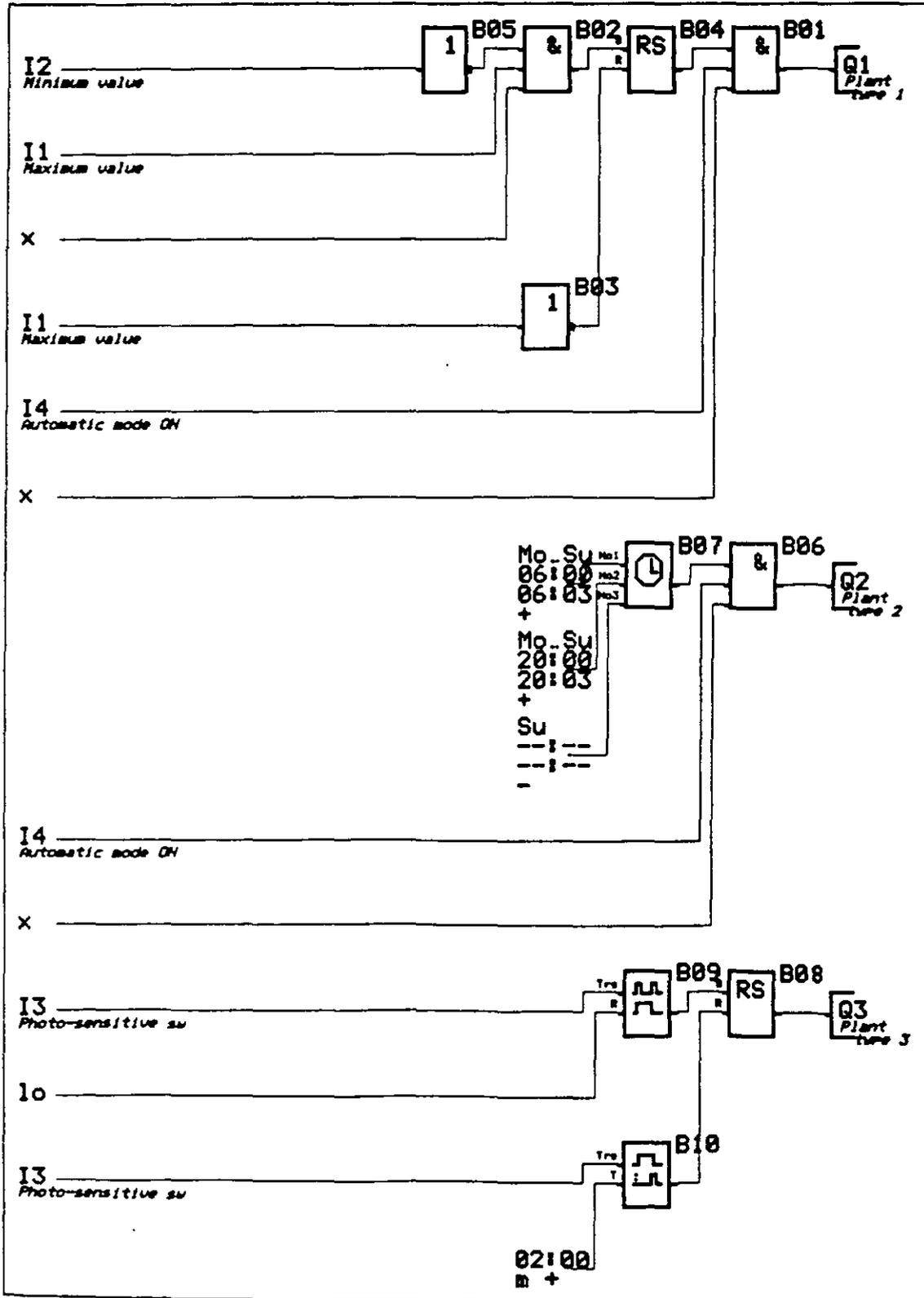
### Ventajas y particularidades

Los tiempos de irrigación pueden modificarse en función de las necesidades, tanto por la mañana como por la tarde.

LOGO! no solo permite mandar la irrigación de las plantas sino también la iluminación o la ventilación del invernadero.

# Irrigación de plantas de un invernadero

## Esquema LOGO!Soft



# Mando de cintas transportadoras

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 2

### Problema planteado

LOGO! debe mandar 3 cintas destinadas a transportar piezas.

La instalación antepuesta a las cintas transportadoras alimenta la banda con piezas cada 30 segundos. Por la banda, cada pieza necesita aproximadamente un minuto para llegar.

Como la instalación antepuesta puede presentar tiempos muertos, las cintas transportadoras deberán ponerse en marcha y parar automáticamente si hay que transportar piezas o no.

### La solución LOGO!

La instalación se pone en marcha mediante un pulsador conectado al borne I2 y se para mediante un pulsador de PARO conectado a la entrada I1.

Cada una de las 3 cintas es accionada por un motor (bornes Q1, Q2, Q3), y 3 detectores de proximidad detectan las piezas en cada una de las cintas (bornes I4, I5, I6). Un cuarto detector de proximidad (borne I3) detecta la presencia de piezas al comienzo de la cinta 1 (piezas provenientes de la instalación antepuesta).

Cuando está apretado el pulsador MARCHA para transportar las piezas, las cintas arrancan consecutivamente (cinta 1, después cinta 2, después cinta 3). Si el tiempo transcurrido antes de llegar una pieza supera 1 minuto, las cintas se paran sucesivamente (cinta 1, después cinta 2, después cinta 3).

Si la instalación antepuesta no suministra ninguna pieza a las cintas en un intervalo de 100 segundos, se tiene un tiempo muerto de 15 minutos, lo que se indica mediante una lámpara de señalización conectada al borne Q4.

### Componentes utilizados

- p. ej. LOGO! 24R
- I1 Pulsador PARO, contacto NA
- I2 Pulsador MARCHA, contacto NA
- I3 Sensor para detectar las piezas provenientes de la instalación antepuesta, contacto NA
- I4 Sensor para detectar las piezas en la cinta 1, contacto NA
- I5 Sensor para detectar las piezas en la cinta 2, contacto NA
- I6 Sensor para detectar las piezas en la cinta 3, contacto NA
- Q1 Cinta 1
- Q2 Cinta 2
- Q3 Cinta 3
- Q4 Lámpara de señalización

### Ventajas y particularidades

Es posible definir otros tiempos de conmutación, a elección.

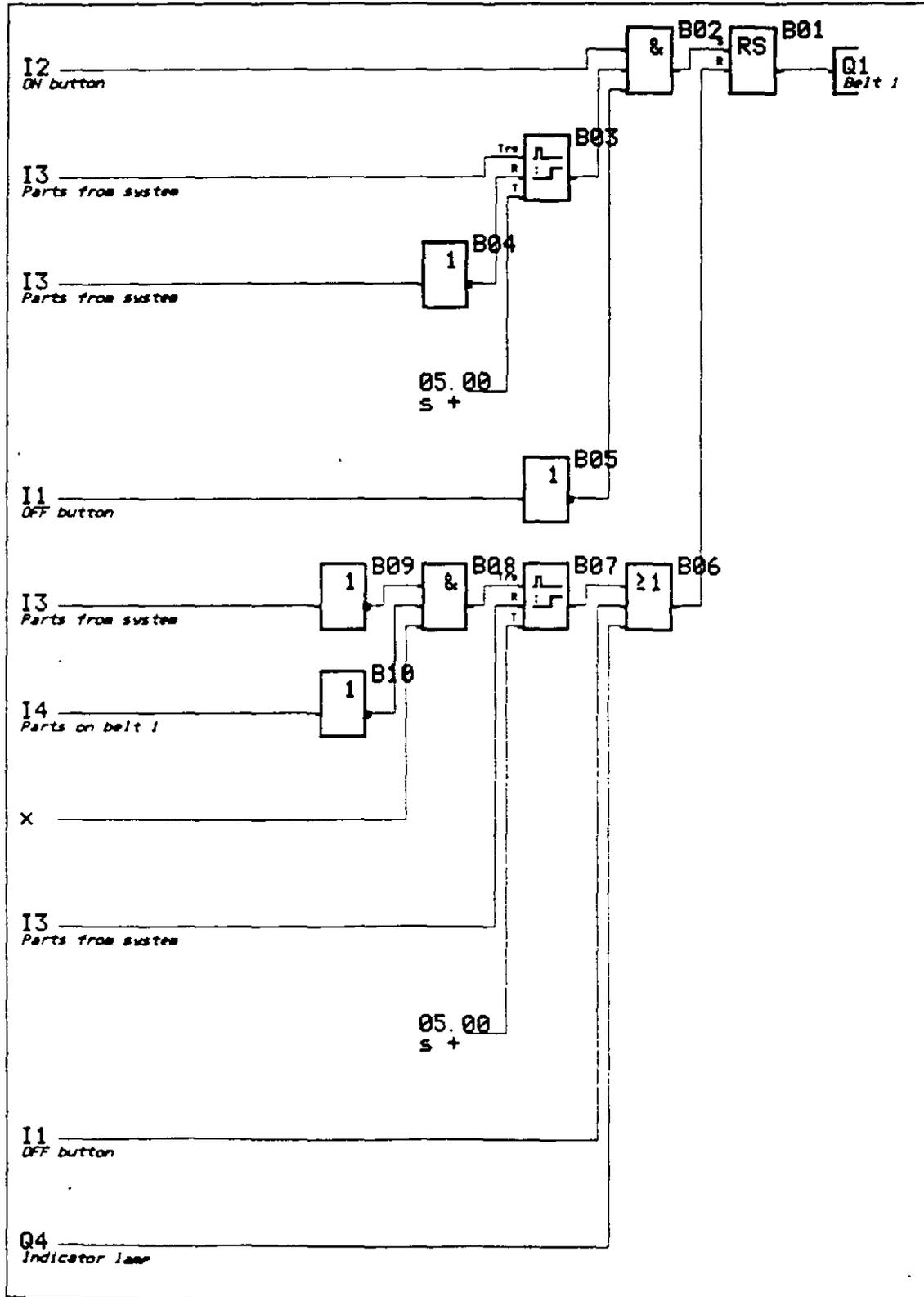
Modificación simple de instalaciones existentes.

Todos los sensores pueden conectarse directamente al LOGO!.

La aplicación requiere menos componentes que la solución anterior.

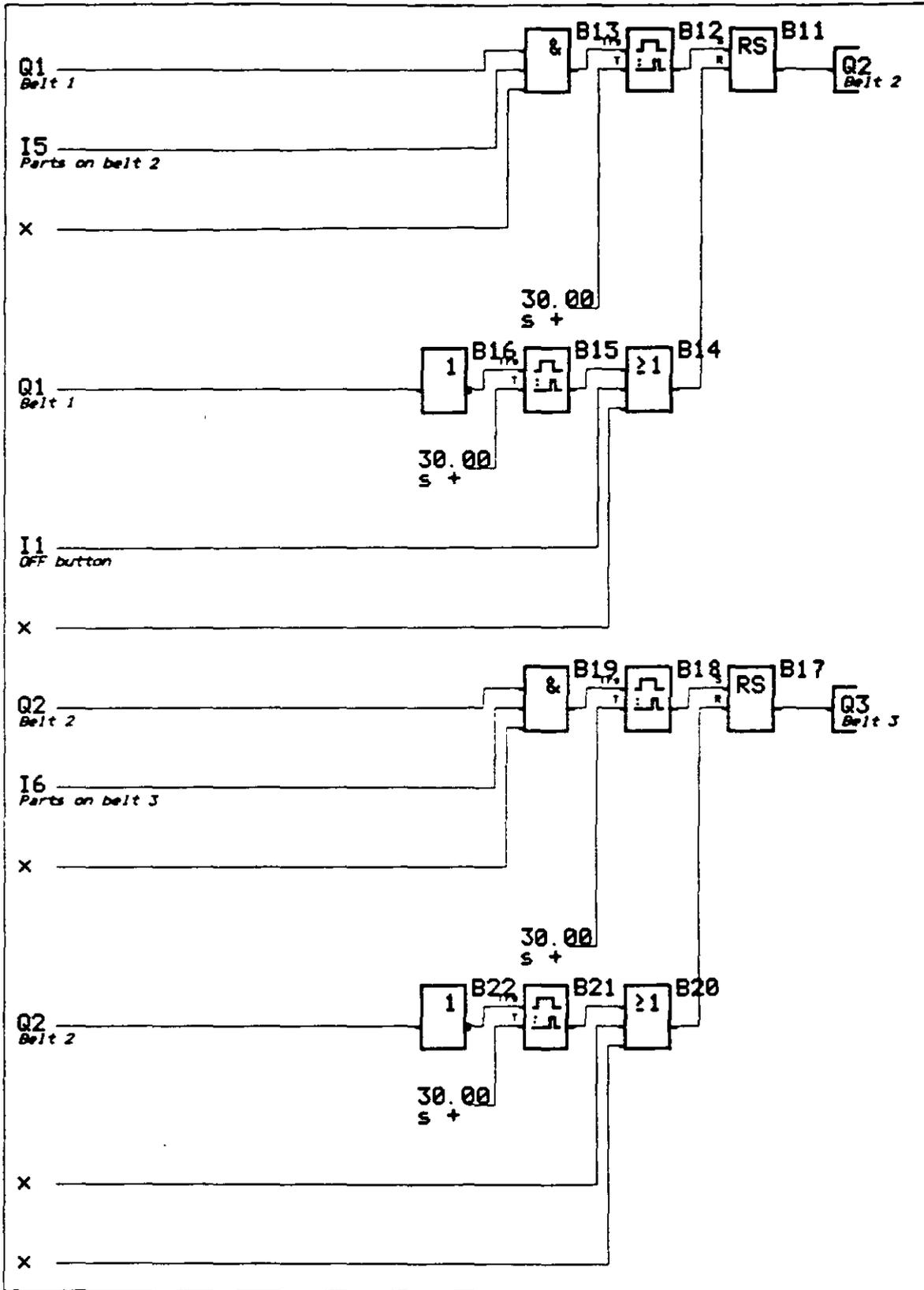
# Mando de cintas transportadoras

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



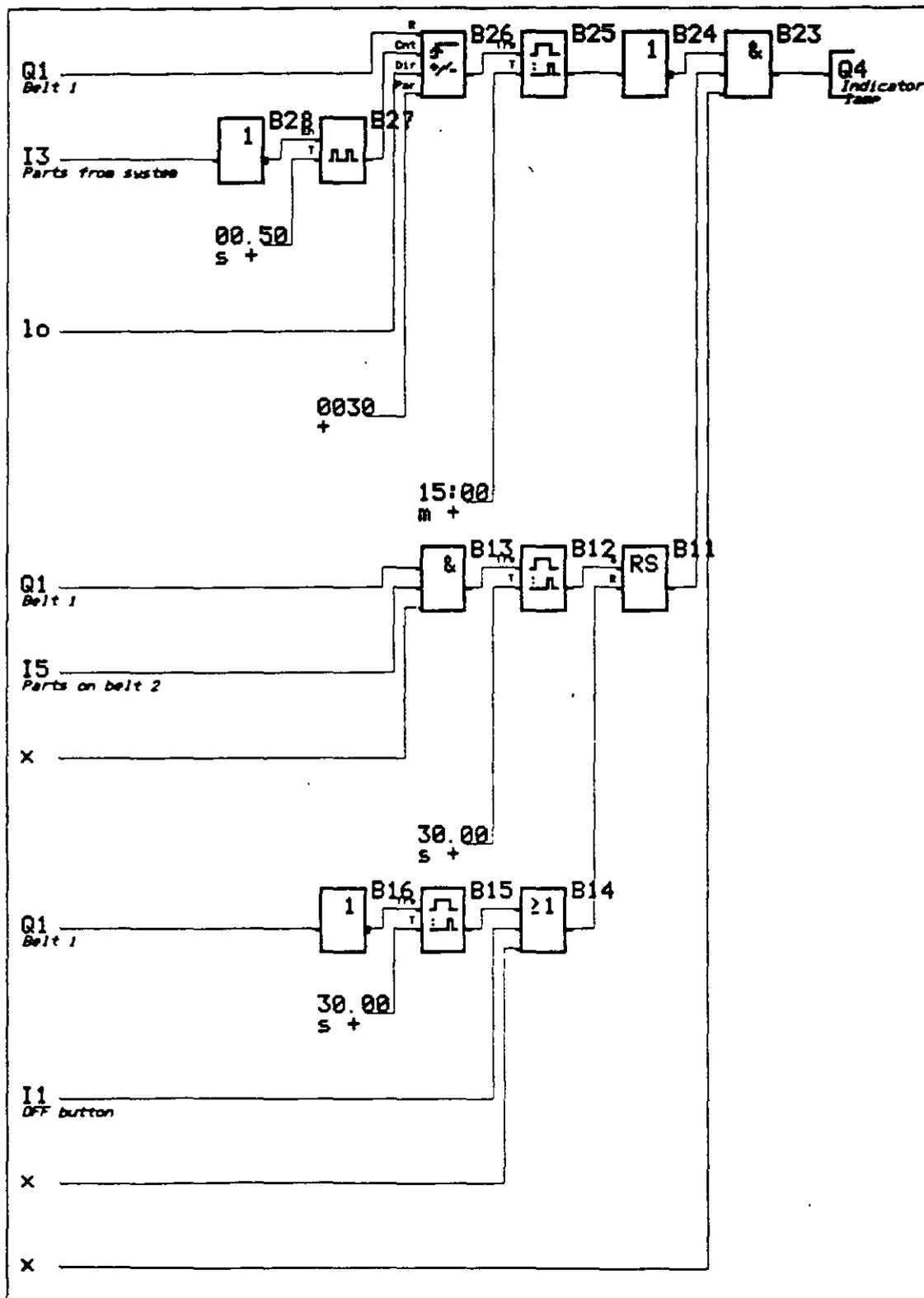
# Mando de cintas transportadoras

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Mando de cintas transportadoras

## Esquema LOGO!Soft (parte 3)



# Mando de una máquina dobladora

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 3

### Problema planteado

LOGO! debe asegurar el mando del doblado de tubos de escape

El doblado solo se lanza en presencia del tubo y la pieza de conexión.

Una lámpara de señalización indica un defecto o la ausencia de una de las piezas.

### La solución LOGO!

Un detector de proximidad (borne I1) registra la presencia de un tubo (con una temporización de 1 segundo). Seguidamente se fija el tubo mediante la electroválvula mandada por la salida Q1. En presencia de la pieza de conexión (sensor conectado a borne I2), el tubo se suelta y se habilita el doblado por puesta a cero del relé de habilitación conectado al borne Q2 ( $Q2 = 0$ ). La operación de habilitación dura 5 segundos como máximo. Se trata del tiempo límite para la habilitación. Si no se detecta ningún tubo en el espacio de estos 5 segundos, la habilitación del doblado es inhibida activando el relé de habilitación ( $Q2 = 1$ ).

La detección de una pieza defectuosa o incompleta es indicada por la lámpara de señalización (borne Q3). I3 permite acusar el fallo y eliminar la pieza defectuosa. Con ello se suelta el tubo y la operación comienza de nuevo.

### Componentes utilizados

- p. ej. LOGO! 24R
- I1 Sensor «presencia de tubo»  
contacto NA
- I2 Sensor «presencia de pieza de conexión»,  
contacto NA
- I3 Pulsador de acuse de defecto,  
contacto NA
- Q1 Electroválvula para cilindro de fijación
- Q2 Relé de habilitación
- Q3 Lámpara de señalización de defecto

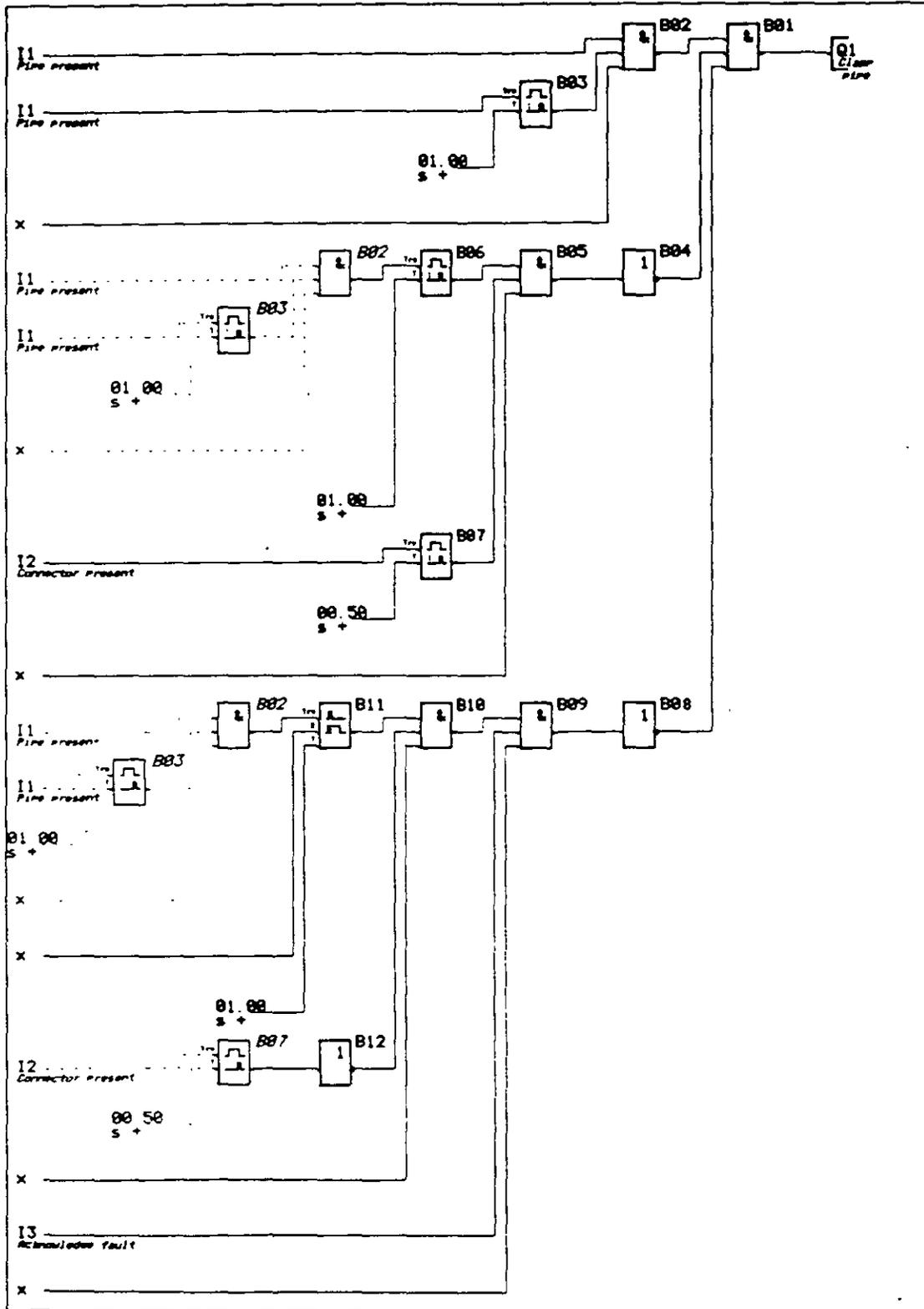
### Ventajas y particularidades

La extensión de la aplicación, por ejemplo mediante señalizaciones suplementarias, no presenta problema alguno.

El número de componentes se ha podido reducir en comparación con la solución anterior.

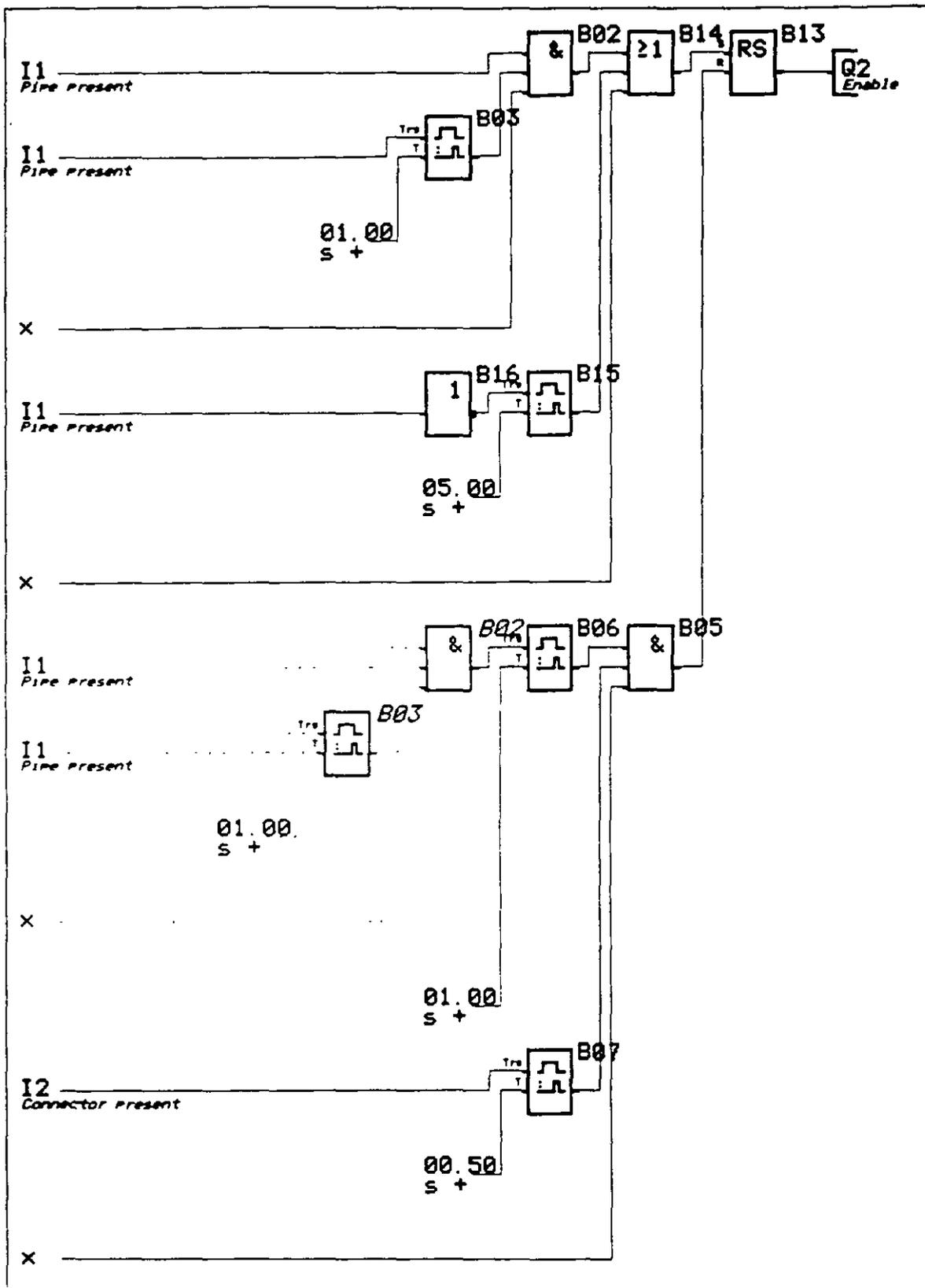
# Mando de una máquina dobladora

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)

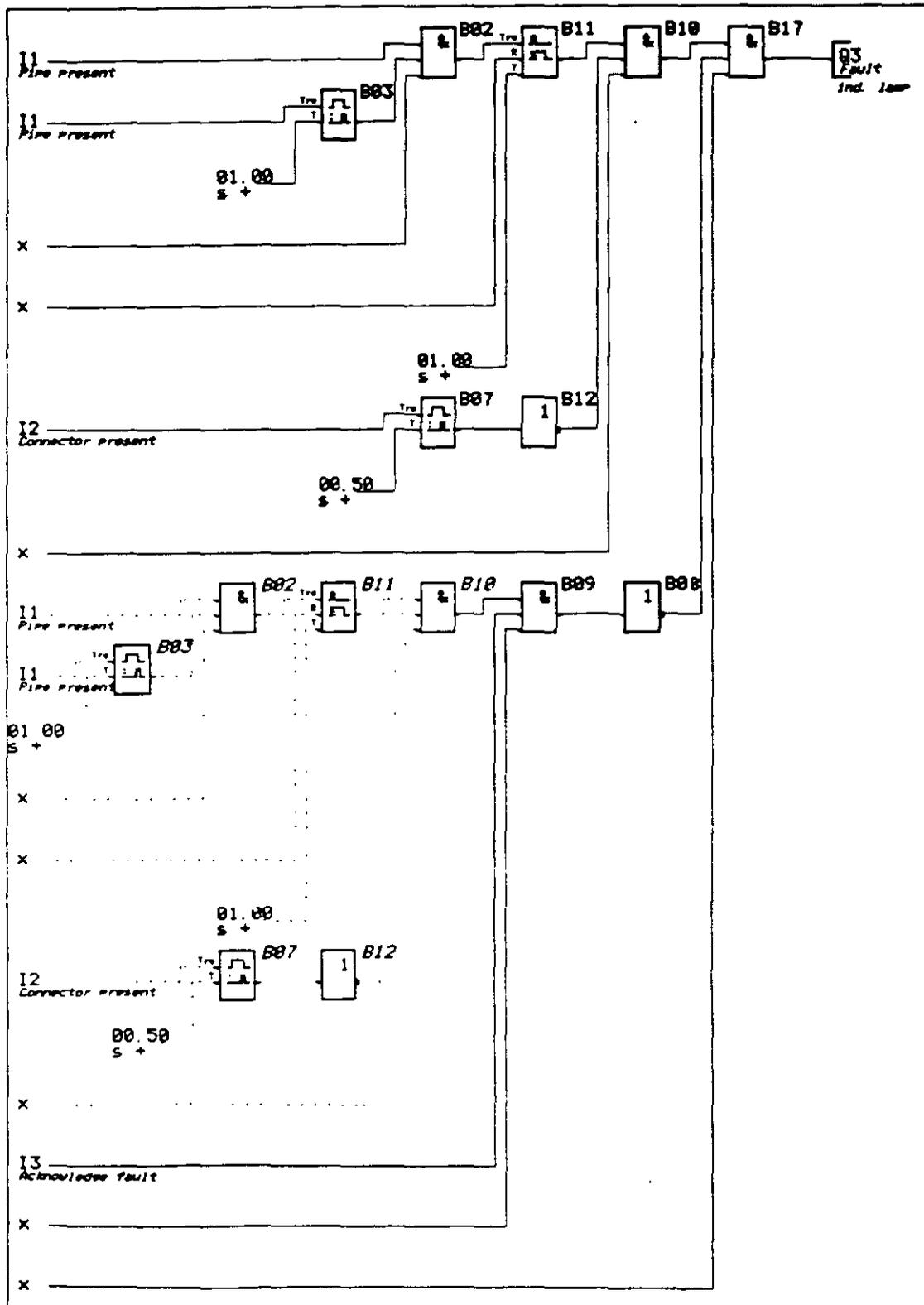


# Mando de una máquina dobladora

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Mando de una máquina dobladora Esquema LOGO!Soft (parte 3)



# Iluminación de un escaparate

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 4

### Problema planteado

LOGO! debe asegurar la iluminación automática de un escaparate de tienda o almacén. Es necesario distinguir entre tres grupos de iluminación: iluminación diurna, iluminación suplementaria para la tarde, iluminación mínima de noche y spots que permiten acentuar determinados artículos

### La solución LOGO!

El escaparate debe iluminarse de lunes a viernes de 8h00 a 22h00, el sábado de 8h00 a 24h00 y el domingo de 12h00 a 20h00

Durante estos periodos, el conmutador horario mantiene encendido el grupo de iluminación 1 (borne Q1). Por la tarde, el grupo de iluminación 2 se enciende igualmente, activado por el interruptor crepuscular conectado a I1. Fuera de las horas mencionadas anteriormente, el grupo de iluminación 3 mandado por Q3 asegura el alumbrado mínimo, tras habilitación por parte del interruptor crepuscular. El detector de movimiento conectado a I4 enciende y apaga todo el tiempo los spots (grupo de iluminación 4, borne Q4)

El interruptor de test (borne I3) permite encender todos los grupos de iluminación durante un minuto, para controlar su funcionamiento o para orientar las lámparas, por ejemplo

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- I1 Interruptor crepuscular, contacto NA
- I2 Interruptor MARCHA, contacto NA
- I3 Interruptor de test, contacto NA
- I4 Detector de movimiento, contacto NA
- Q1 Grupo de iluminación 1
- Q2 Grupo de iluminación 2
- Q3 Grupo de iluminación 3 (alumbrado mínimo)
- Q4 Grupo de iluminación 4 (spots)

### Ventajas y particularidades

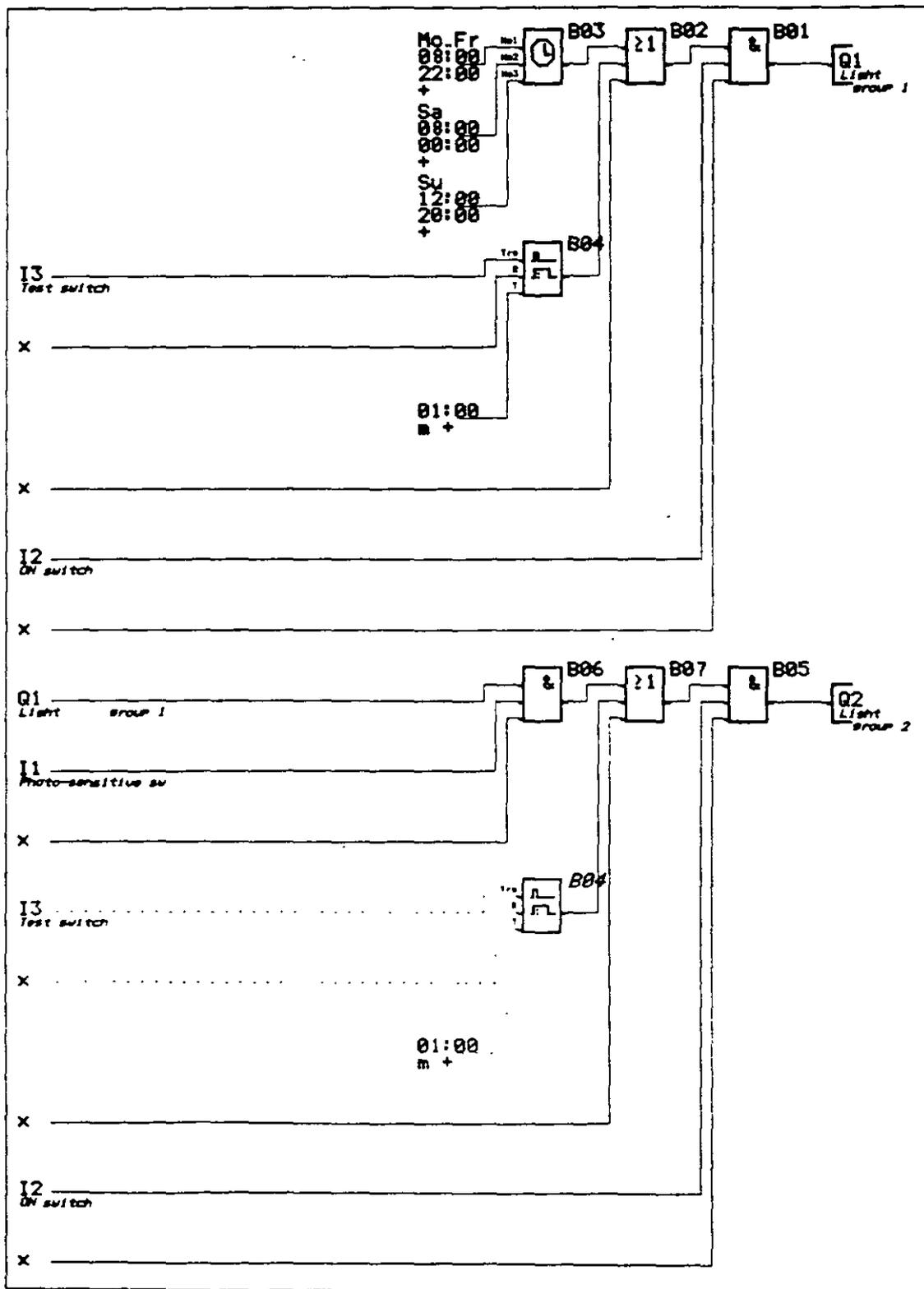
Los periodos de iluminación elegidos pueden modificarse en cualquier momento.

La selección de otras combinaciones de grupos de iluminación es más simple

El número de componentes ha podido reducirse con relación a una solución clásica.

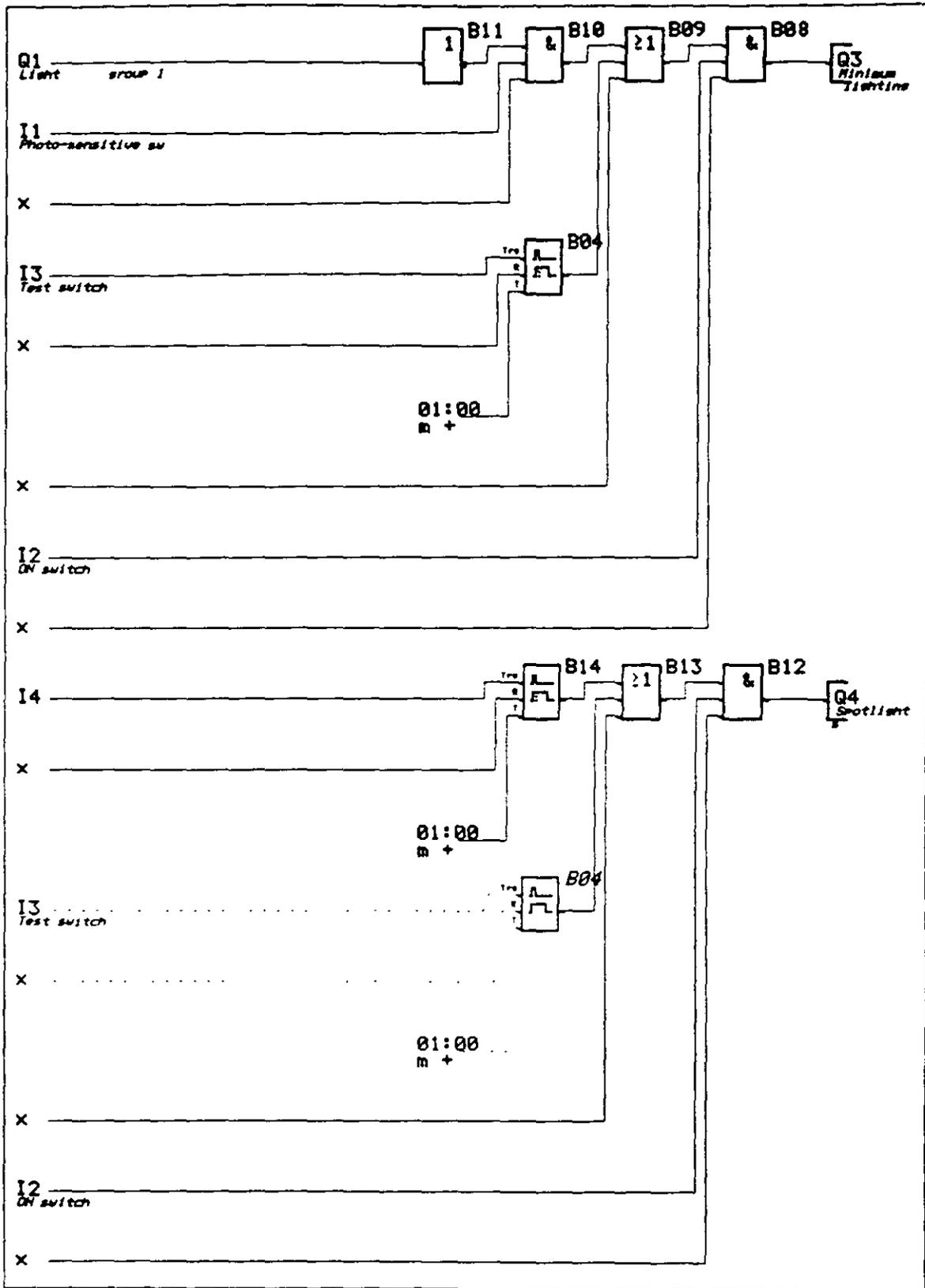
# Iluminación de un escaparate

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



# Illumination of a cabinet

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Mando de un timbre en un colegio

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 5

### Problema planteado

El timbre de un colegio debe mandarse mediante LOGO!. El timbre deberá sonar durante 2 segundos a determinadas horas (principio de las clases, recreo, final de las clases).

### La solución LOGO!

Los horarios de comienzo de clases, de recreo y de fin de clases se parametrizan en el conmutador horario integrado en LOGO!. El timbre debe sonar de lunes a viernes a las 8h00, 9h45, 10h00, 12h45, 13h30 y 16h30. Las clases terminan los viernes a las 15h30. Una temporización de conexión asegura el que el timbre solo suene durante 2 segundos.

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- Q1 Timbre

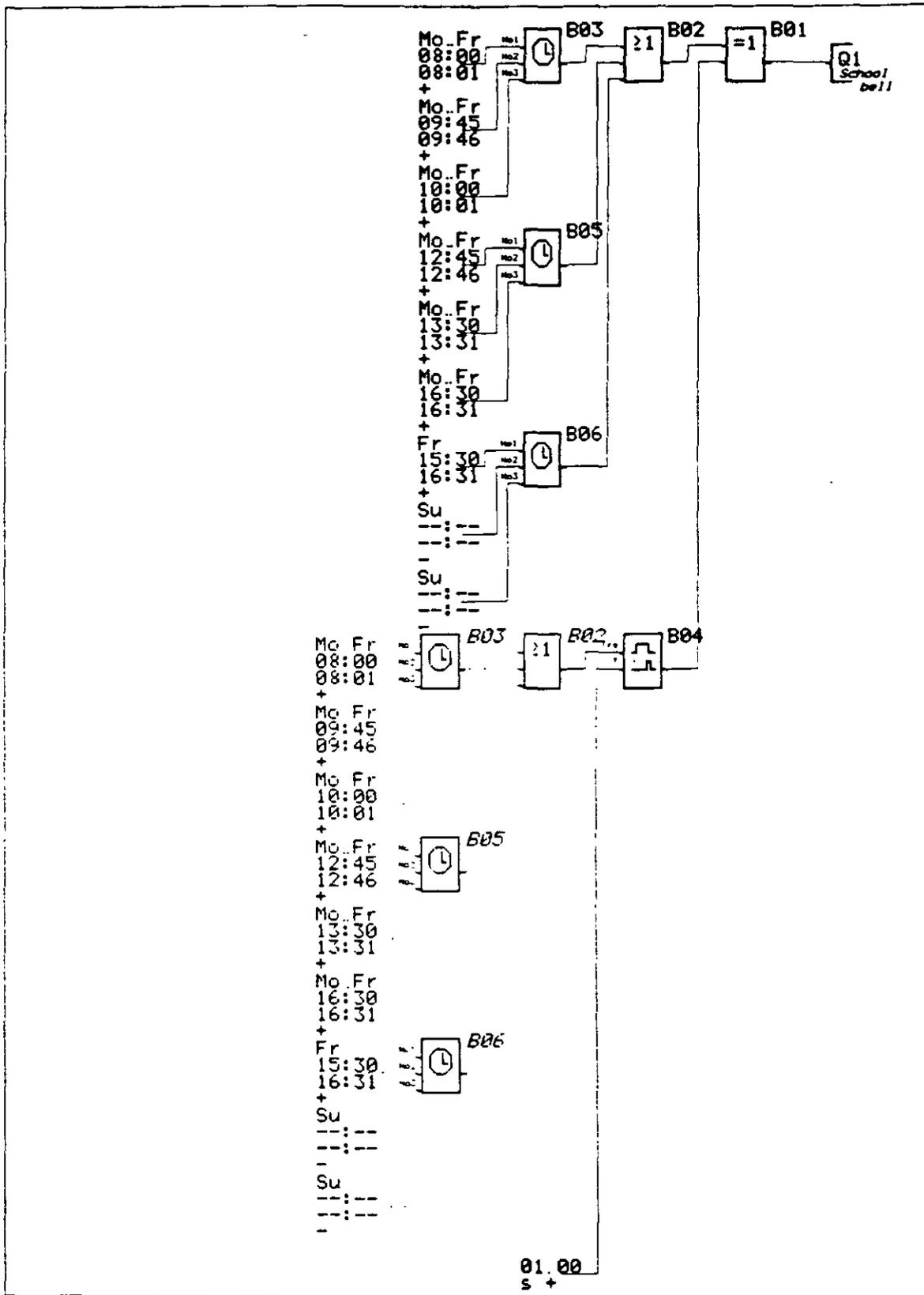
### Ventajas y particularidades

El número de componentes es inferior al de una solución clásica.

Es posible modificar el circuito de mando del timbre, por ejemplo que no suene durante las vacaciones escolares.

# Mando de un timbre en un colegio

## Esquema LOGO!Soft



# Supervisión de las plazas de un parking

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 6

### Problema planteado

Un parking dispone de un número dado de plazas. El semáforo de acceso debe pasar automáticamente de verde a rojo cuando estén ocupadas todas las plazas del mismo. Tan pronto haya plazas disponibles, el semáforo verde debe autorizar nuevamente el acceso.

### La solución LOGO!

Los vehículos que entran o salen del parque son detectados por barreras fotoeléctricas (entradas I1 e I2) y contados por medio del contador integrado de LOGO!. Cuando entra un vehículo (I1), el contador se incrementa 1 y cuando sale un vehículo (I2) se decrementa en 1. I2 y la función «relé biestable de impulso de corriente» definen el sentido de conteo del contador (incremento/decremento). Cuando se alcanza el parámetro seleccionado, el semáforo (borne Q1) cambia de color.

El pulsador conectado a I3 permite reinicializar el valor de conteo y la salida Q1.

### Componentes utilizados

- LOGO! 230R
- I1 Barrera fotoeléctrica «entrada», contacto NA
- I2 Barrera fotoeléctrica «salida», contacto NA
- I3 Pulsador de reinicialización, contacto NA
- Q1 Relé de semáforo (inversor)

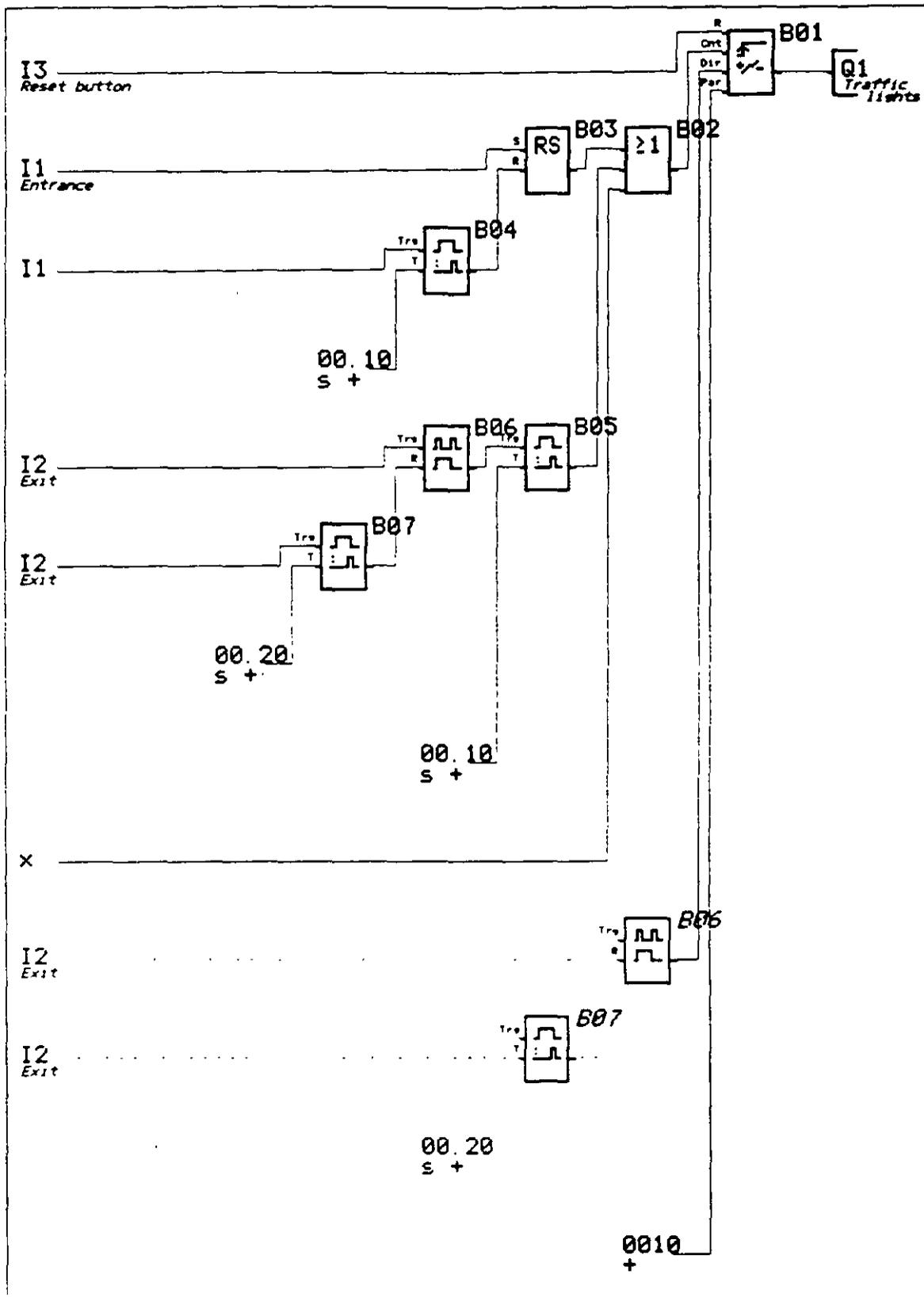
### Ventajas y particularidades

Es muy fácil visualizar el valor actual de conteo en la pantalla.

El valor de conteo máximo puede modificarse en cualquier momento.

Es fácilmente realizable la extensión de la aplicación (p. ej. prohibición de entrada mientras estén ocupadas las plazas del parking o conmutación entre dos valores de conteo (plazas reservadas para el personal del parking).

# Supervisión de las plazas de un parking Esquema LOGO!Soft



### Problema planteado

LOGO! debe mandar la iluminación exterior de un edificio. Se distingue entre iluminación principal y secundaria, en modo manual o automático. La iluminación principal está encendida constantemente durante el periodo seleccionado; la iluminación secundaria solo durante un tiempo dado, a partir de la actuación de un detector de movimiento. La iluminación solo se enciende cuando reina la oscuridad.

### La solución LOGO!

La iluminación principal (mandada por Q1) solo se enciende en modo automático entre 6h00 y 24h00 en caso de funcionamiento del interruptor crepuscular (borne I1). La iluminación secundaria, mandada por Q2 bajo el efecto del sensor de movimiento conectado a I2, se enciende durante 90 segundos (entre 6h00 y 8h00 y 17h00 y 24h00).

Es posible, vía I4 (posición manual), encender la iluminación principal y secundaria con independencia del conmutador horario y del interruptor crepuscular, por ejemplo para fines de prueba.

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- I1 Interruptor crepuscular, contacto NA
- I2 Sensor de movimientos, contacto NA
- I3 Modo «automático», contacto NA
- I4 Modo «manual», contacto NA
- Q1 Iluminación principal
- Q2 Iluminación secundaria

### Ventajas y particularidades

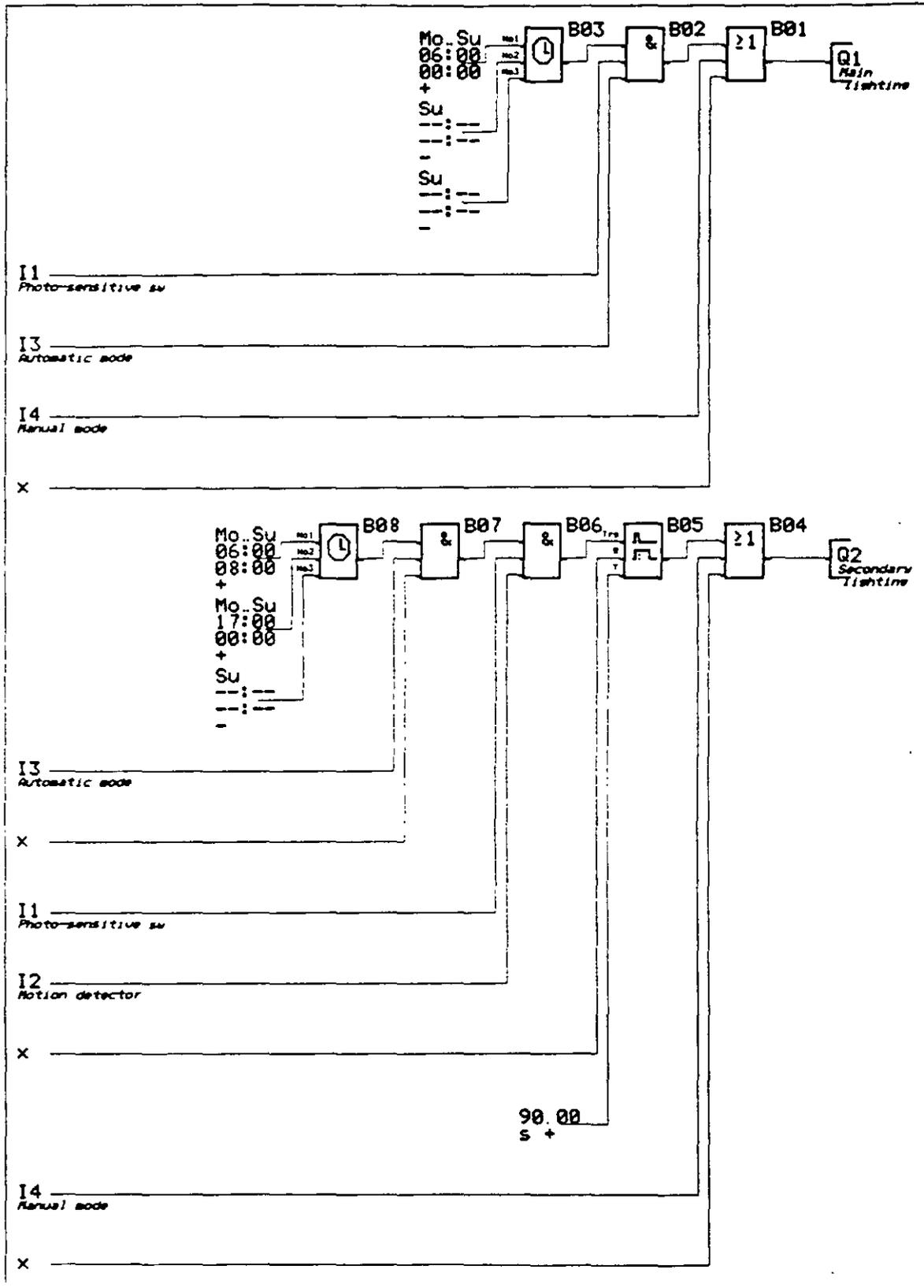
Ahorro de energía gracias a la combinación de conmutador horario, sensor de movimiento e interruptor crepuscular.

Los horarios pueden definirse individualmente, con horarios diferentes según que se trate de días laborables o a fin de semana, o bien para otro periodo de iluminación.

El sistema de iluminación puede ampliarse fácilmente, por ejemplo usando sensores de movimiento suplementarios o grupos de iluminación distintos para distinguir más unas zonas de otras.

# Iluminación exterior

## Esquema LOGO!Soft



# Mando de persianas

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 8

### Problema planteado

LOGO! debe mandar la apertura y cierre de las persianas de una casa. Un selector permite elegir entre modo manual y automático. Las persianas se abren o cierran automáticamente en función de la hora, de la oscuridad o del día.

### La solución LOGO!

#### Modo manual

Los interruptores conectados a I2 (ABRIR) e I3 (CERRAR) permiten abrir y cerrar manualmente las persianas. La condición es que el selector en la entrada I6 no esté ajustado en automático.

#### Modo automático

En modo automático, el selector (I6) debe estar posicionado en «automático». Si interviene el interruptor crepuscular (borne I1), las persianas se cierran de 18h00 a 7h00. Durante el día, se abren entre 7h00 y 18h00.

Los fines de carrera conectados a I4 e I5 permiten interrogar el estado – abiertas o cerradas – de las persianas.

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- I1 Interruptor crepuscular, contacto NA
- I2 Interruptor de apertura manual, contacto NA
- I3 Interruptor de cierre manual, contacto NA
- I4 Fin de carrera persiana abierta, contacto NC
- I5 Fin de carrera persiana cerrada, contacto NC
- I6 Selector en posición «automático»
- Q1 Abrir persianas
- Q2 Cerrar persianas

### Ventajas y particularidades

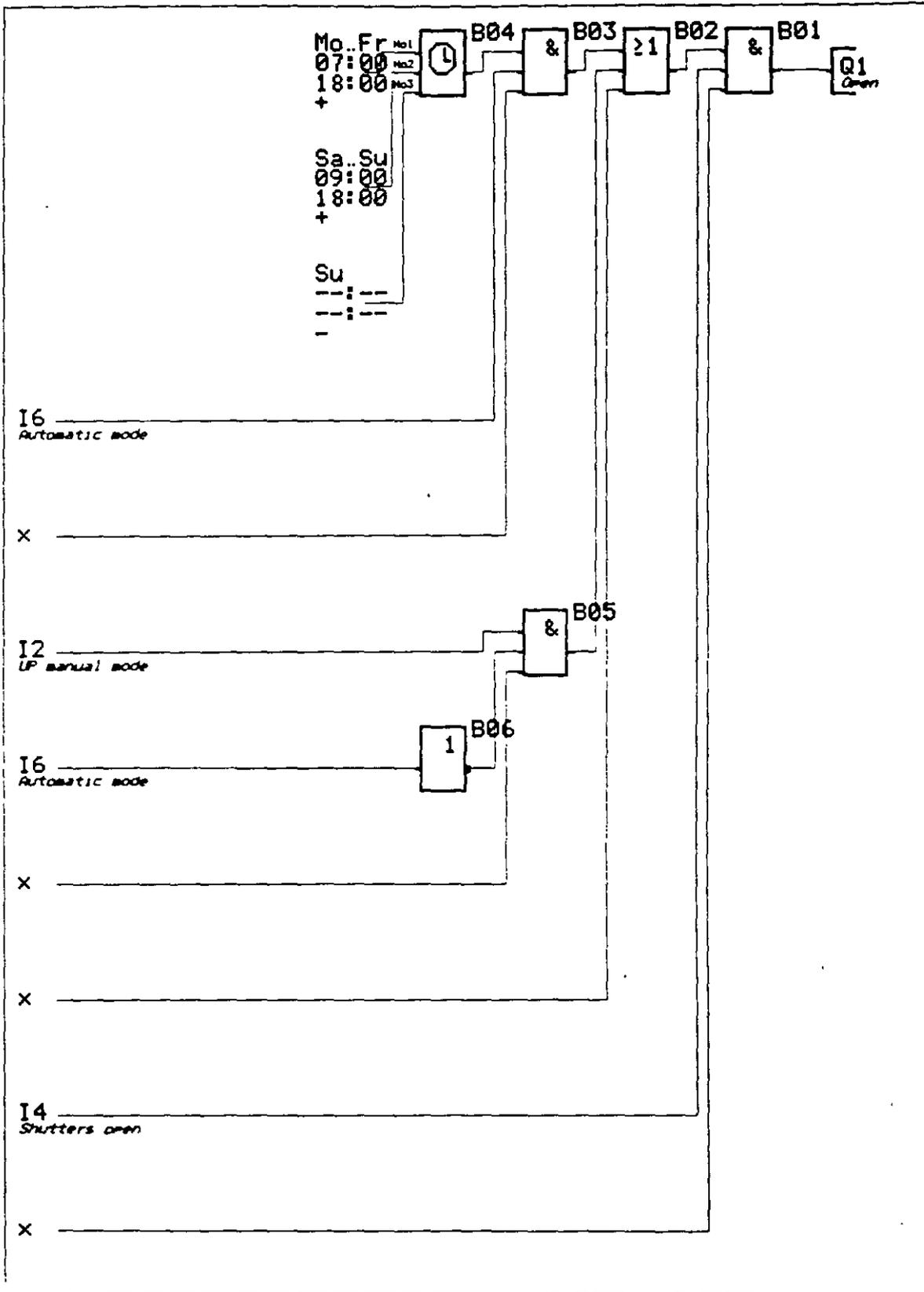
Los horarios pueden adaptarse en función de criterios individuales tales como horas diferentes durante jornadas laborales y el fin de semana o durante las vacaciones.

Mando distinto de dos zonas/situaciones a través de las salidas aún libres.

Ahorro de energía gracias a la combinación de conmutador horario e interruptor crepuscular.

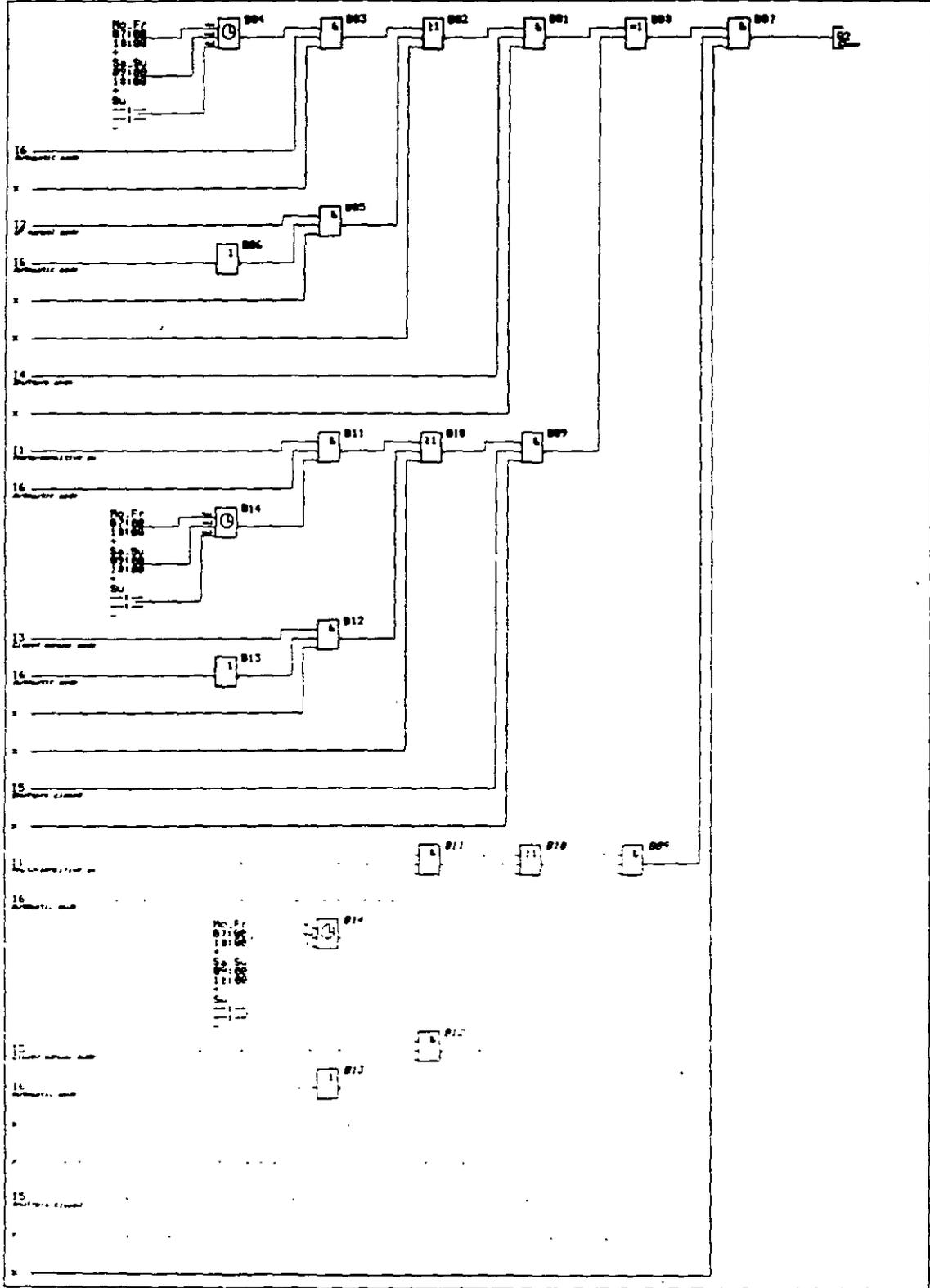
# Mando de persianas

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



# Mando de persianas

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Iluminación exterior e interior de una casa

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 9

### Problema planteado

LOGO! manda la iluminación exterior e interior de una casa. Deberá señalizarse la aproximación de personas en caso de ausencia del propietario o de oscuridad. La iluminación exterior e interior es encendida por detectores de movimiento y el contacto de señalización de la alarma de la casa.

### La solución LOGO!

La iluminación exterior se subdivide en tres zonas (Q1, Q2, Q3). A cada zona corresponde un detector de movimiento (entradas I2, I3, I4). Si actúa uno de estos detectores de movimiento durante un periodo dado, la iluminación exterior correspondiente se enciende durante 90 segundos. El periodo está determinado por el conmutador horario integrado del LOGO! (17h00 a 7h00). El interruptor crepuscular conectado a I1 hace que la iluminación solo se encienda durante la oscuridad. Un cuarto detector de movimiento está conectado al borne I5, él enciende durante 90 segundos las tres iluminaciones exteriores, con independencia de la hora y de la oscuridad. Las iluminaciones exteriores se encienden también durante 90 segundos si actúa el contacto de señalización de la alarma de la casa (borne I6). Tras el apagado de la iluminación exterior, una iluminación interior luce durante 90 segundos. La iluminación interior se enciende inmediatamente durante 90 segundos si esto ha sido iniciado por el detector de movimiento (I5) o el contacto de señalización de la alarma (I6).

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- I1 Interruptor crepuscular, contacto NA
- I2 Detector de movimiento 1, contacto NA
- I3 Detector de movimiento 2, contacto NA
- I4 Detector de movimiento 3, contacto NA
- I5 Detector de movimiento 4, contacto NA
- I6 Contacto de señalización de la alarma de la casa, contacto NA
- Q1 Iluminación exterior 1
- Q2 Iluminación exterior 2
- Q3 Iluminación exterior 3
- Q4 Iluminación interior

### Ventajas y particularidades

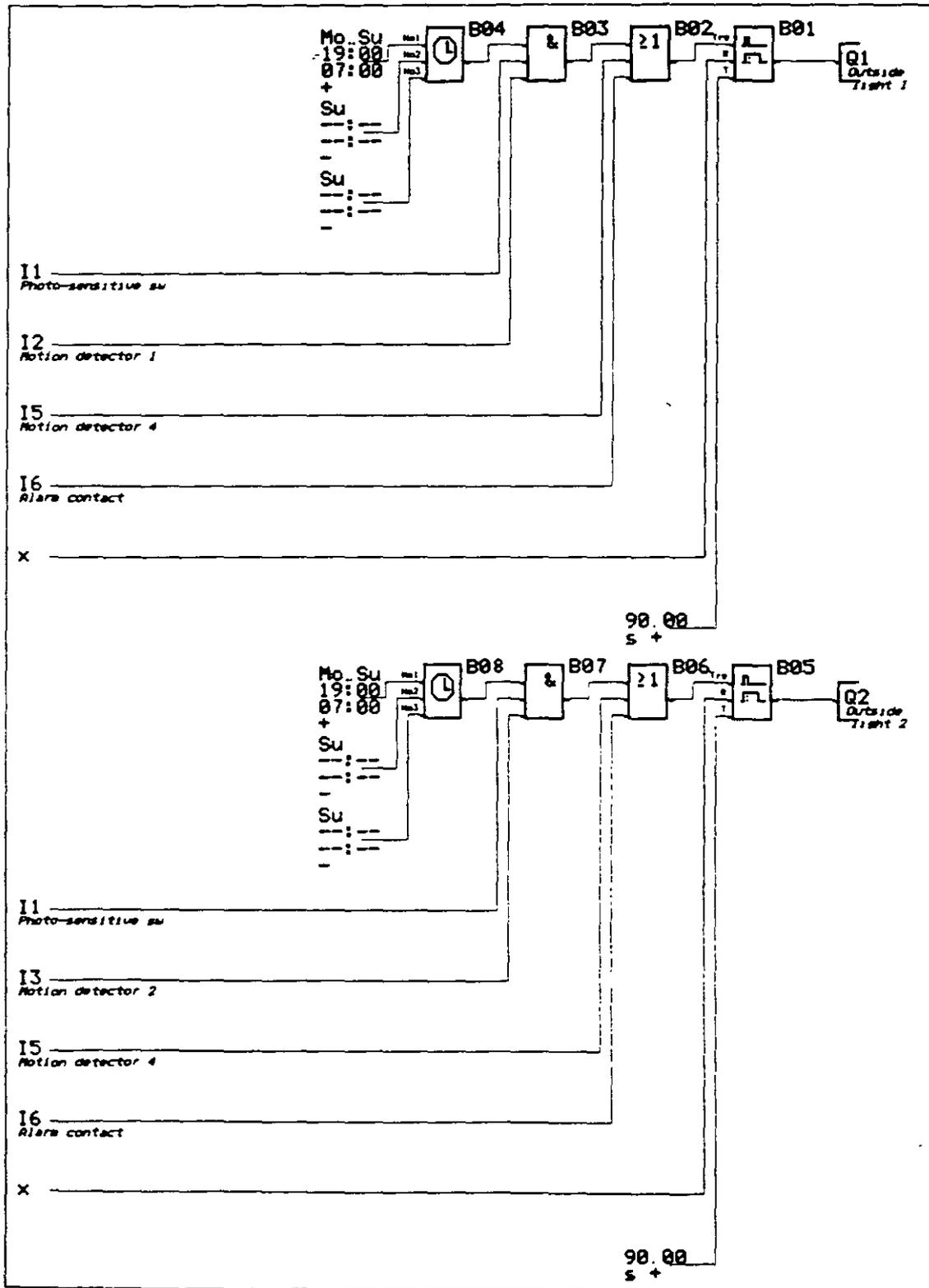
Ahorro de energía gracias a combinación de conmutador horario, interruptor crepuscular y detectores de movimiento.

Reparametrización simple de los tiempos definidos, p. ej. periodo diferente para el conmutador horario u otra duración del encendido de la iluminación.

El número de componentes se ha podido reducir con relación a una solución clásica.

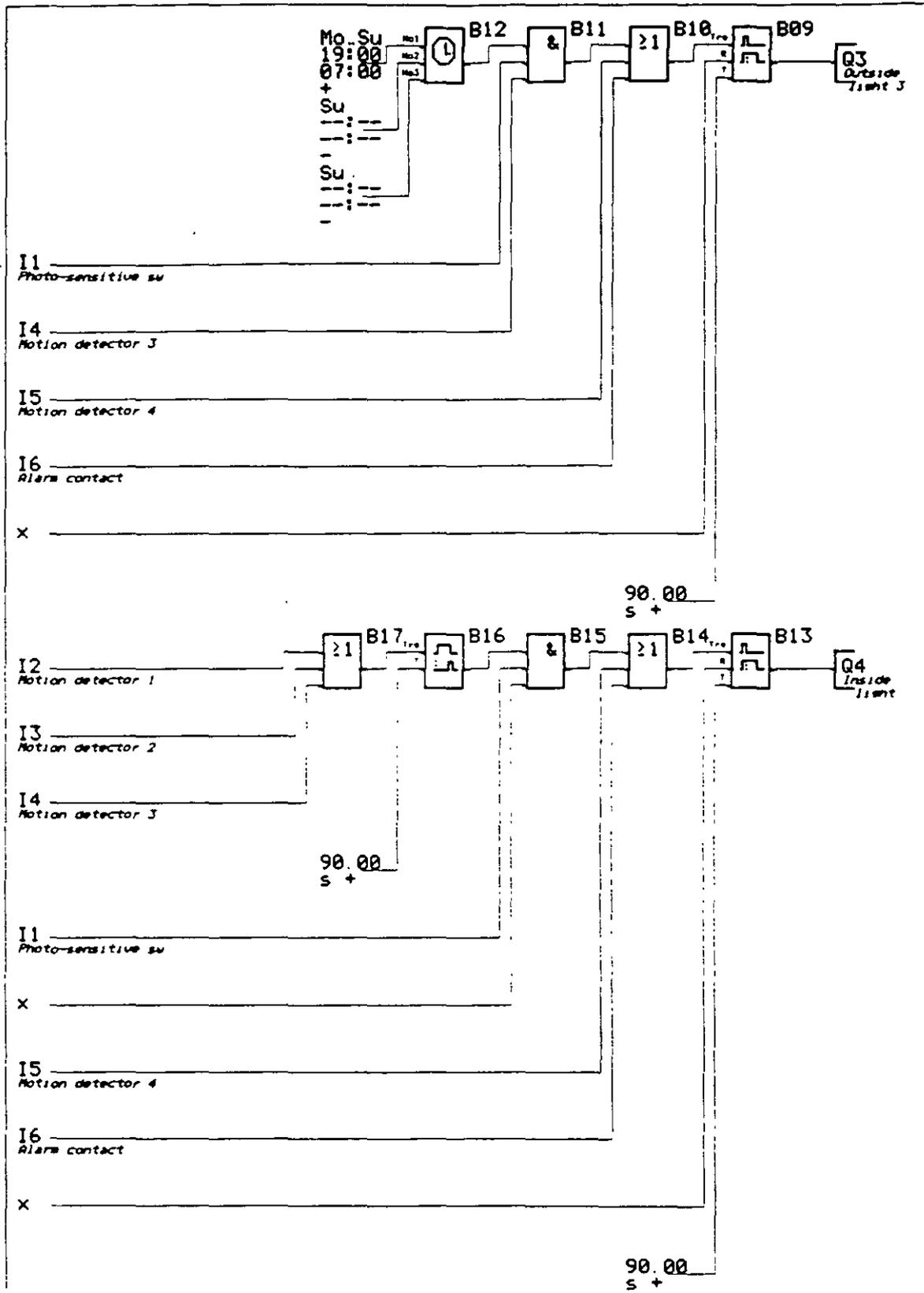
# Iluminación exterior e interior de una casa

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



# Iluminación exterior e interior de una casa

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Mando de un agitador para crema

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 10

### Problema planteado

LOGO! debe mandar, en una central lechera, un agitador para crema. Un selector permite elegir entre modo automático y modo directo. Los fallos son indicados por una lámpara de señalización y una alarma acústica.

### La solución LOGO!

Cuando el selector de modo está en posición «automático» (I1), el agitador (borne Q1) arranca inmediatamente. En modo automático, el agitador se enciende y apaga conforme a una periodicidad predefinida (15 segundos de marcha, 10 segundos de parada). El agitador continúa funcionando respetando esta periodicidad hasta que se lleve el selector a 0. En modo directo (I2, posición «directo»), el agitador funciona sin periodo de marcha/parada.

El disparo del guardamotor conectado a la entrada I3 es señalizado por la lámpara (Q2) y la alarma acústica (Q3). Los intervalos de señalización sonora están ajustados a 3 segundos mediante el generador de impulsos. El pulsador Reset conectado a I4 permite cancelar la señal acústica. Una vez eliminado el fallo se reinician la lámpara y la alarma acústica.

El pulsador «test de alarma» conectado a I5 permite controlar la lámpara de señalización y la alarma acústica.

### Componentes utilizados

- p. ej. LOGO! 230R
- I1 Selector/modo «automático», contacto NA
- I2 Selector/modo «directo», contacto NA
- I3 Contacto de alarma del guardamotor, contacto NA
- I4 Pulsador de reinicialización de alarma acústica, contacto NA
- I5 Pulsador de test de funcionamiento de alarma, contacto NA
- Q1 Agitador
- Q2 Lámpara de señalización
- Q3 Alarma acústica

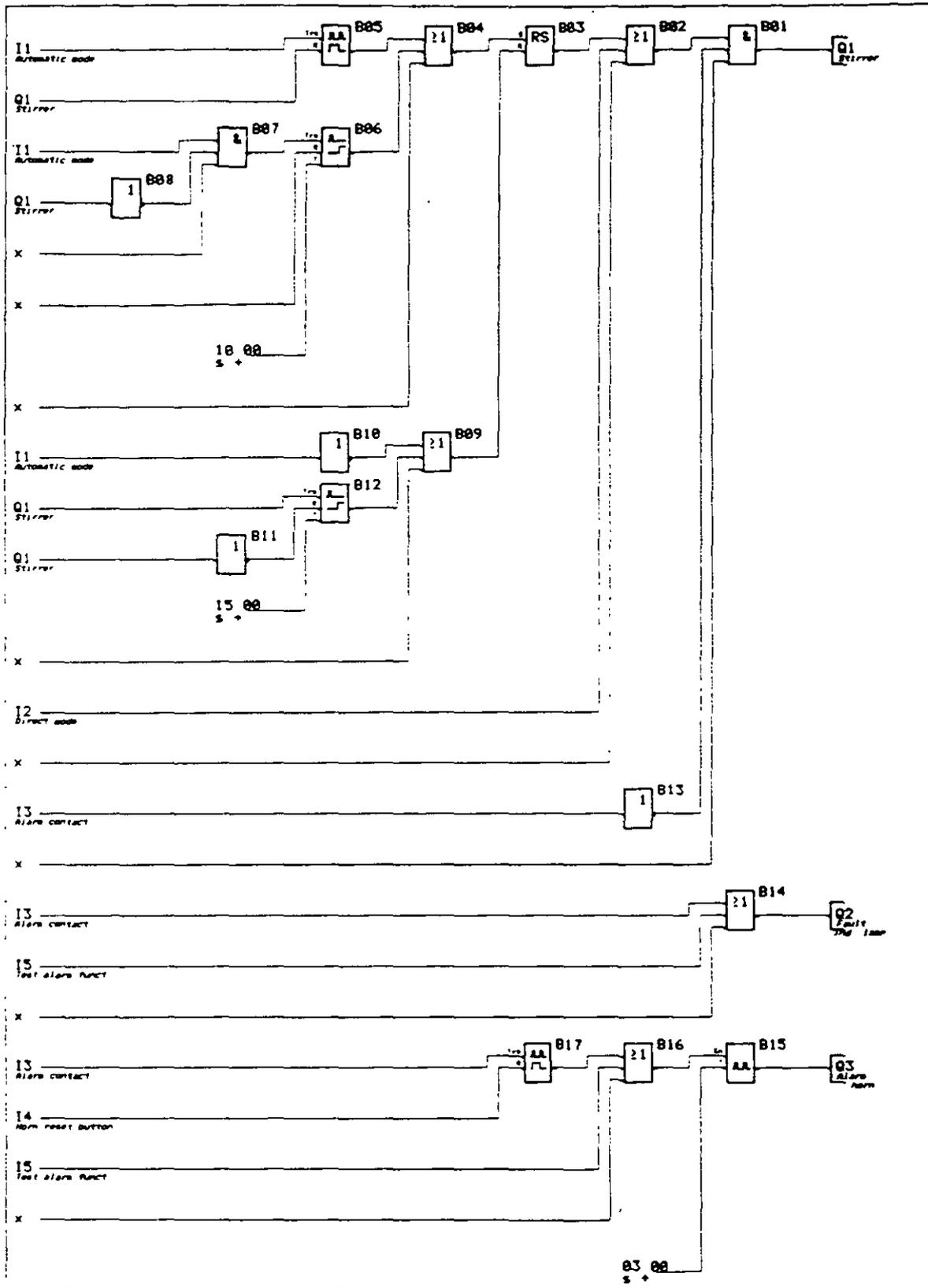
### Ventajas y particularidades

Posibilidad de modificar la periodicidad de agitación en función de las necesidades.

El número de componentes ha podido reducirse con relación a la solución anterior.

# Mando de un agitador para crema

## Esquema LOGO!Soft



# Iluminación de un gimnasio

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 11

### Problema planteado

LOGO! manda la iluminación del gimnasio y de los vestuarios de un colegio. Como por la tarde diversas asociaciones deportivas han arrendado el gimnasio, también se ha realizado con LOGO! una función de desconexión forzada para evitar que se sobrepasen los tiempos de utilización. Un interruptor central permite encender y apagar la iluminación de forma absolutamente independiente.

### La solución LOGO!

La iluminación del gimnasio (Q1 y Q2) puede encenderse a través del pulsador conectado a I1. El pulsador en la entrada I2 permite encender y apagar la iluminación de los vestuarios. La desconexión forzada, por la tarde, está asegurada por el conmutador horario integrado. A las 21h45, una alarma acústica que suena 5 segundos señala a los usuarios que ha terminado el tiempo de utilización. Con ello queda tiempo para abandonar el gimnasio sin precipitaciones y apagar la iluminación. A las 22h00 se apaga el primer grupo de iluminación del gimnasio (Q1) y a las 22h15 le toca al segundo grupo (Q2). La iluminación de los vestuarios se apaga a las 22h25. Entonces tampoco es posible volver a encenderla.

Un interruptor central permite encender y apagar la iluminación de forma enteramente independiente (p.ej., por parte del portero).

El mando puede inhibirse durante los periodos de vacaciones por medio del interruptor conectado a I4.

### Componentes utilizados

- LOGO! 230RC
- I1 Pulsador de iluminación del gimnasio, contacto NA
- I2 Pulsador de iluminación de vestuarios, contacto NA
- I3 Interruptor principal, contacto NA
- I4 Interruptor de inhibición para vacaciones, contacto NA
- Q1 Grupo de iluminación 1/gimnasio
- Q2 Grupo de iluminación 2/gimnasio
- Q3 Lámparas de vestuarios
- Q4 Alarma acústica

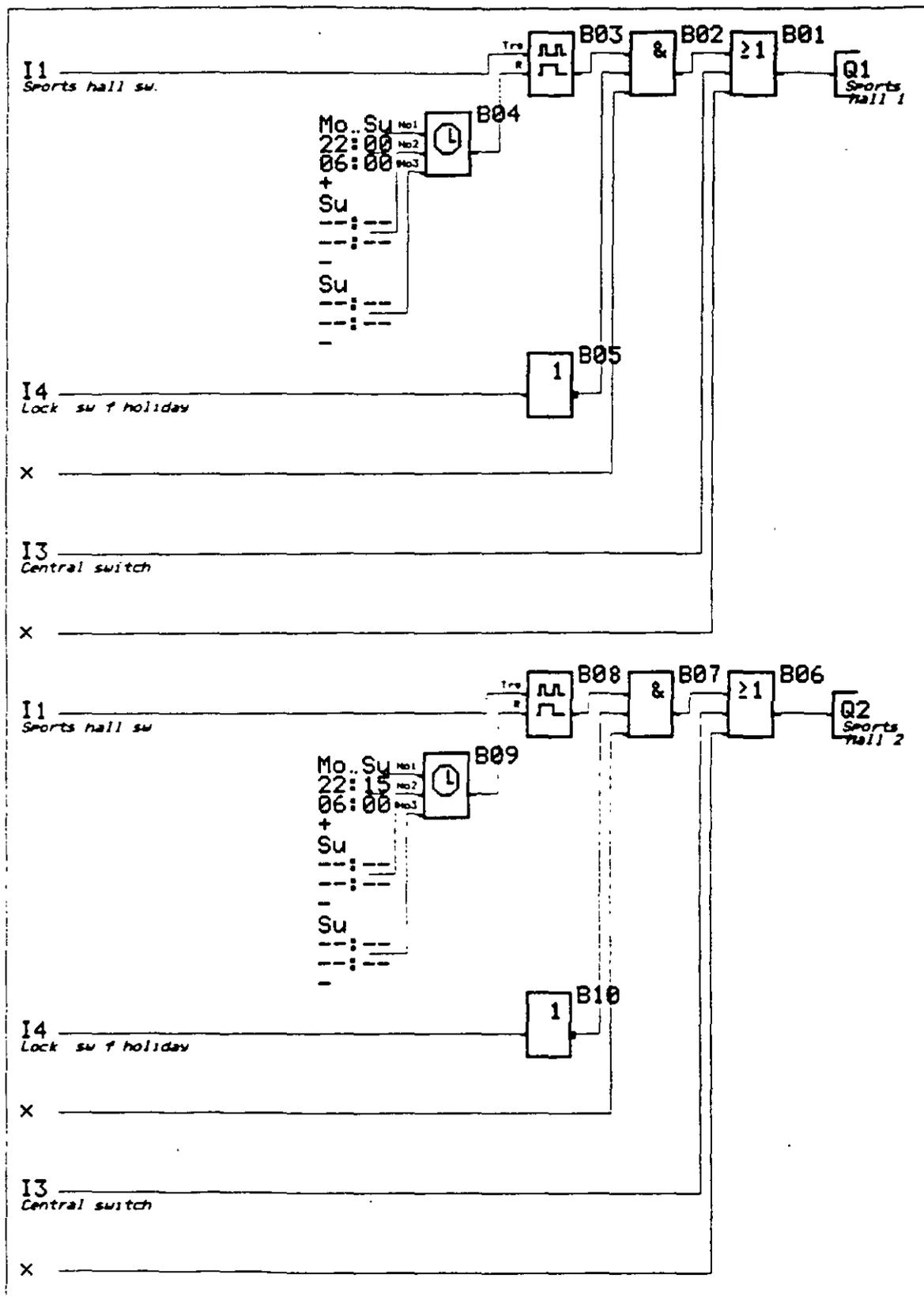
### Ventajas y particularidades

Es muy fácil adaptar la iluminación a diferentes tiempos de utilización.

El número de componentes ha podido reducirse con relación a una solución convencional.

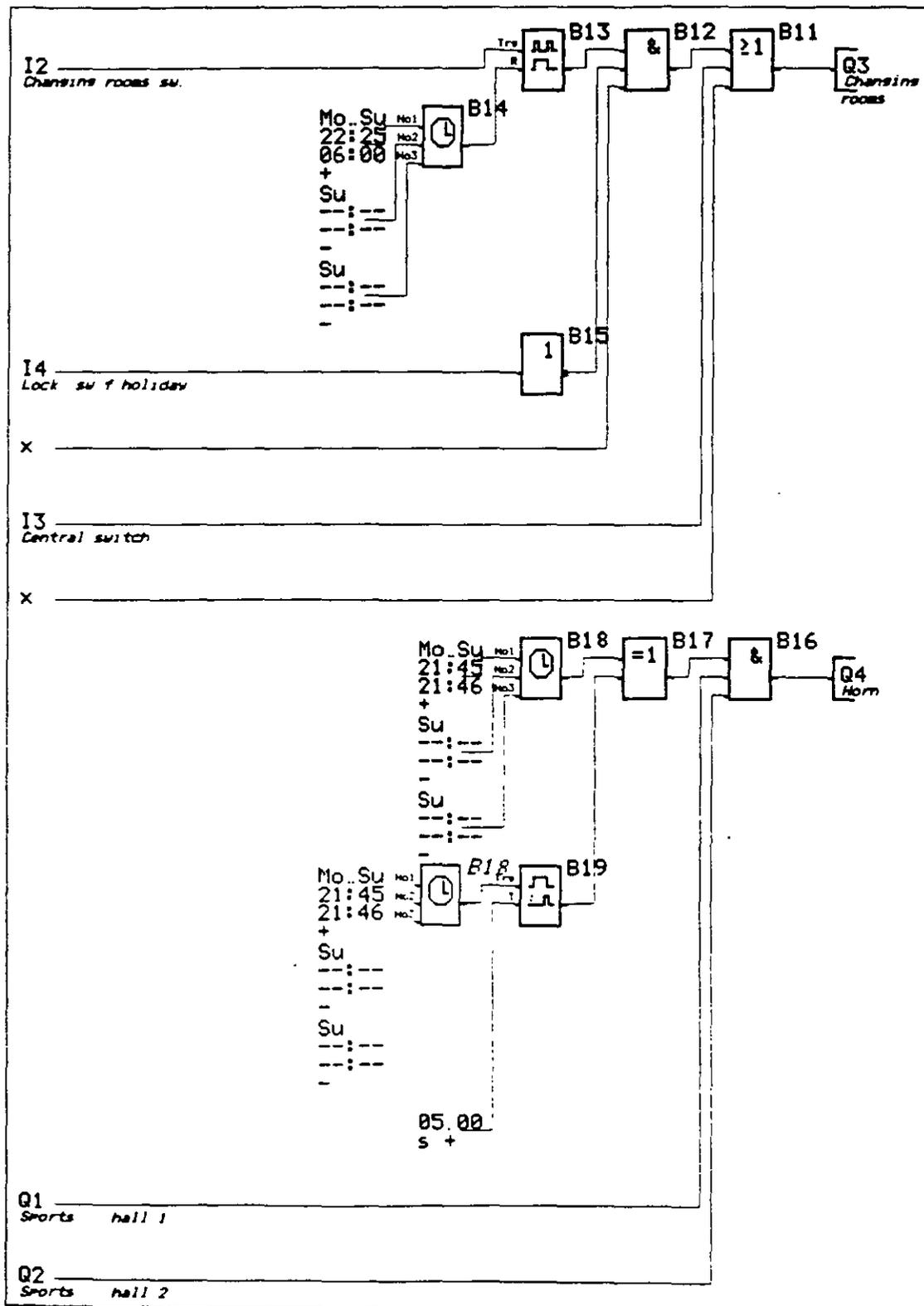
# Iluminación de un gimnasio

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



# Iluminación de un gimnasio

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Utilización equilibrada de tres consumidores

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 12

### Problema planteado

LOGO! permite realizar un circuito agrupado de tres consumidores idénticos. De estos tres, dos deben estar siempre encendidos. Para asegurar la utilización equilibrada de los tres consumidores, éstos deberán encenderse y apagarse alternativamente.

Cada consumidor posee una salida de alarma conectada a una alarma agrupada. Tan pronto como uno de los consumidores señalice fallo se da orden de apagado y entran en servicio los otros dos.

### La solución LOGO!

El ciclo de una utilización equilibrada de consumidores tiene el aspecto siguiente. Inicialmente funcionan los consumidores 1 y 2 (Q1 y Q2), después los consumidores 2 y 3 (Q2 y Q3), después los consumidores 1 y 3 (Q1 y Q3). Esta secuencia se reproduce ciclicamente. Los consumidores se encienden durante el periodo parametrizado (p. ej. 3 segundos). El arranque del ciclo se realiza con ayuda de un relé de autorretención con señal invertida. El ciclo arranca automáticamente en caso de restablecimiento de la tensión (estado inicial).

En caso de fallo en el consumidor 1, éste se apaga a través de la entrada de alarma I1 y se enciende el tercer consumidor. El fallo se señala en Q4 por la alarma agrupada. Una vez eliminado el fallo y apretado el pulsador de acuse I4, LOGO! se reinicializa y el ciclo comienza por Q1 y Q2. Lo mismo es válido para los consumidores 2 y 3 (señalización de fallo de consumidor 2 en I2 y del consumidor 3 en I3).

### Componentes utilizados

- p. ej. LOGO! 230R
- I1 Entrada de alarma consumidor 1, contacto NA
- I2 Entrada de alarma consumidor 2, contacto NA
- I3 Entrada de alarma consumidor 3, contacto NA
- I4 Pulsador de acuse de alarma, contacto NA
- Q1 Consumidor 1
- Q2 Consumidor 2
- Q3 Consumidor 3
- Q4 Salida de alarma agrupada

### Ventajas y particularidades

Esta solución es aplicable a consumidores arbitrarios.

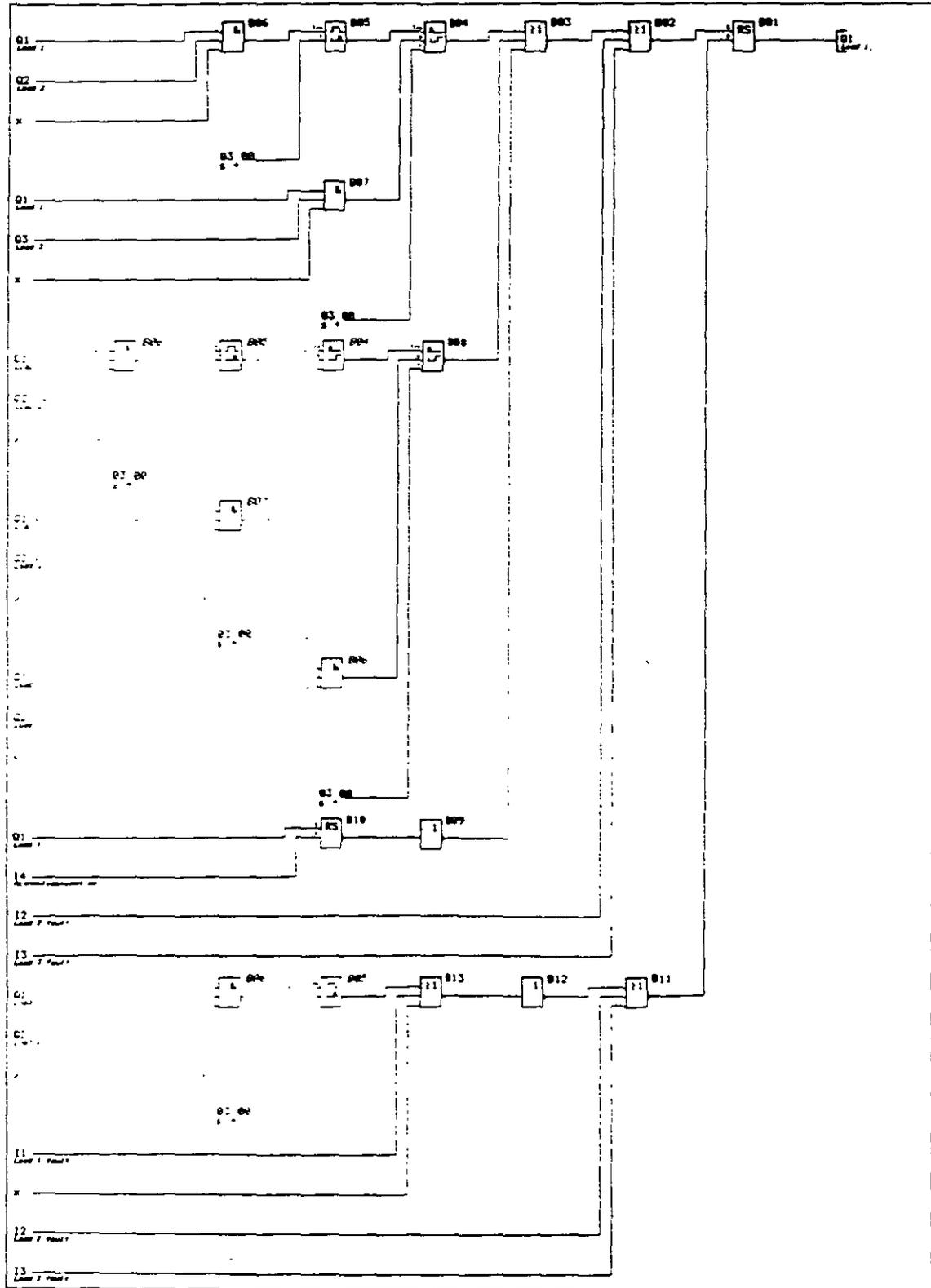
El tiempo de funcionamiento de los consumidores puede modificarse en función de las necesidades.

Fácil extensión de la aplicación, p. ej. mediante un interruptor principal para encender y apagar los consumidores.

El número de componentes ha podido reducirse con relación a una solución convencional.

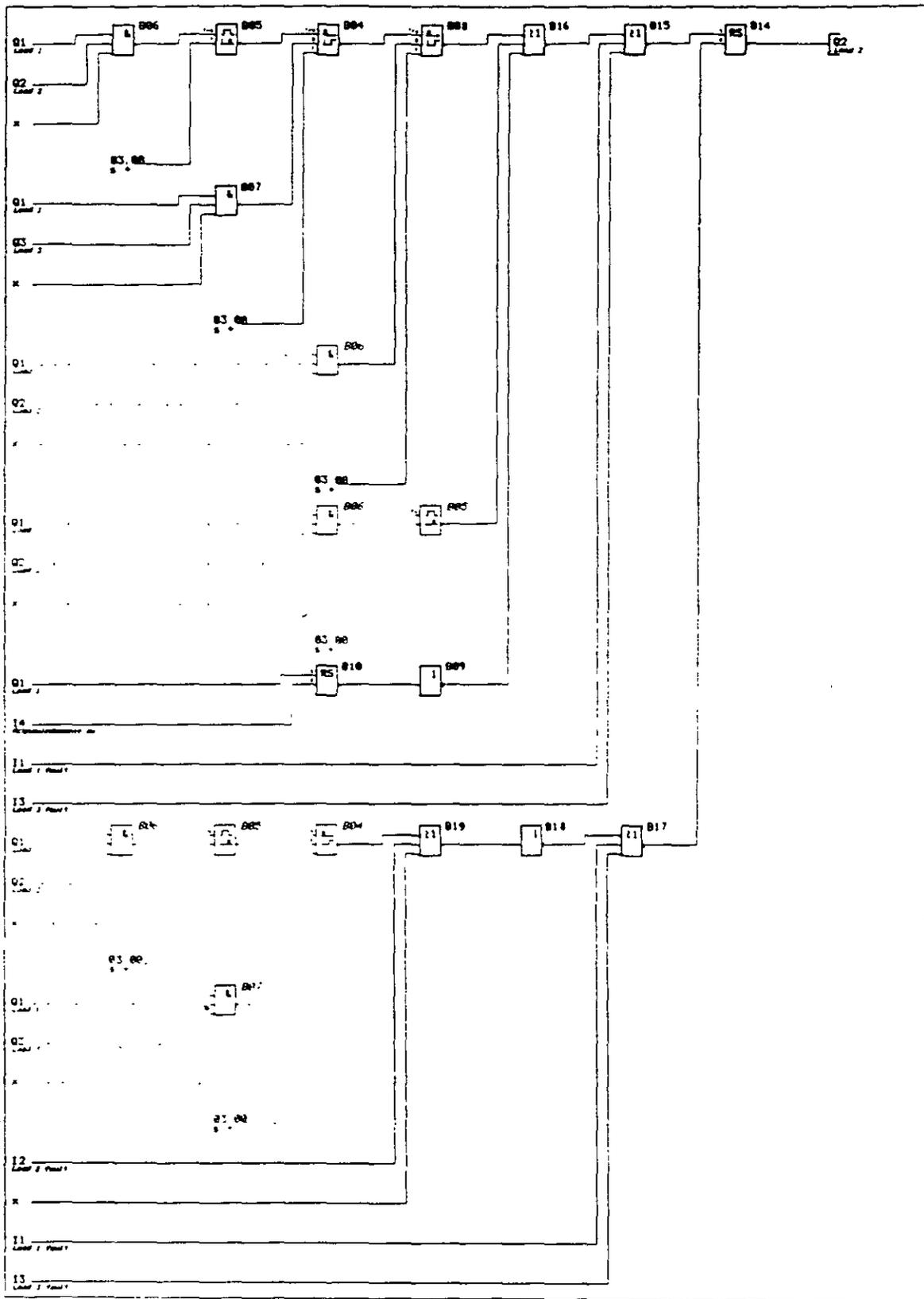
# Utilización equilibrada de tres consumidores

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



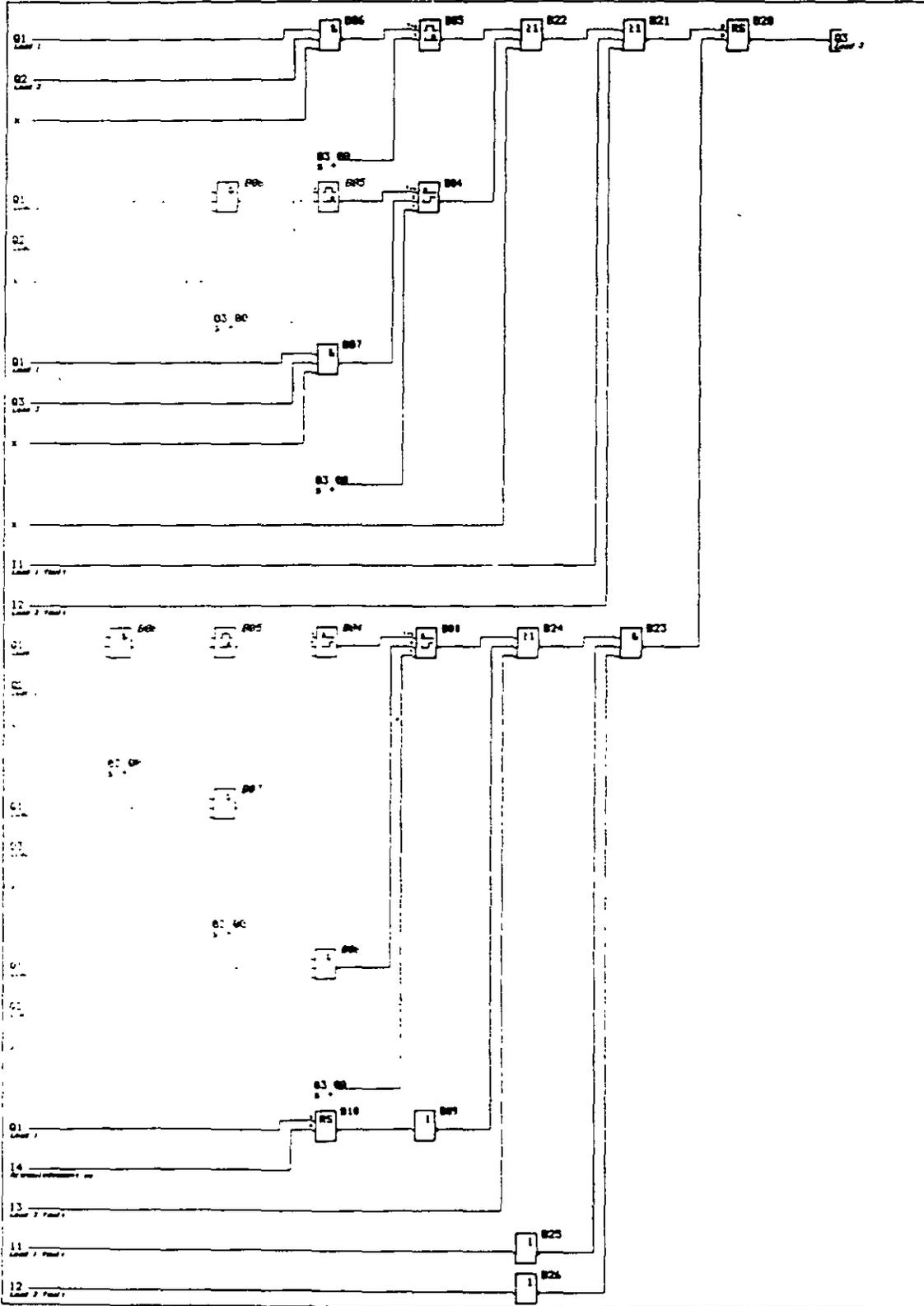
# Utilización equilibrada de tres consumidores

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)

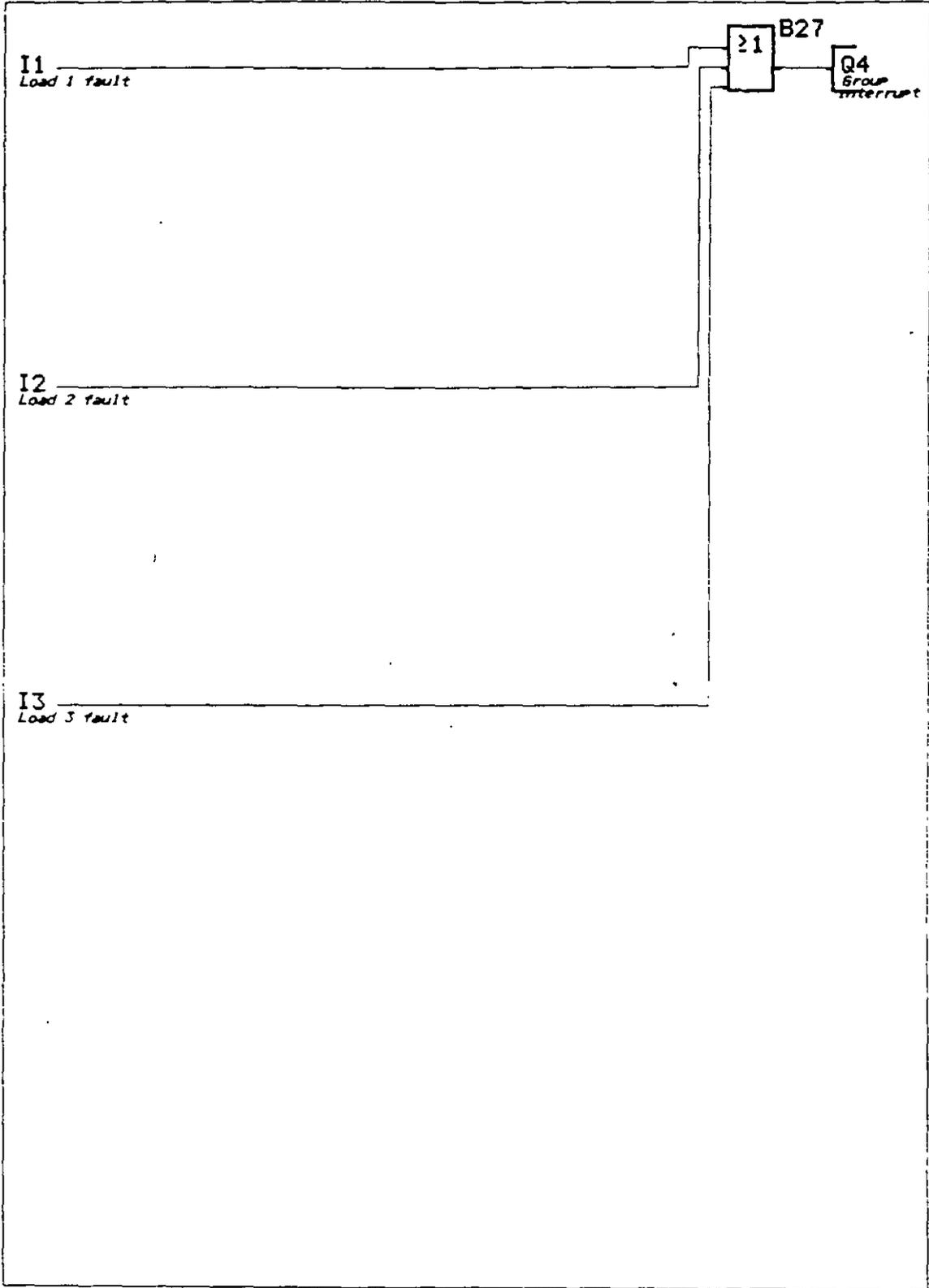


# Utilizaci3n equilibrada de tres consumidores

## Esquema LOGO!Soft (parte 3)



# Utilización equilibrada de tres consumidores Esquema LOGO!Soft (parte 4)



# Mando secuencial de una máquina para soldar cables de gran sección

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 13

### Problema planteado

La secuencia operativa de las máquinas para soldar cables debe respetarse estrictamente. La máquina es mandada por un interruptor de pedal. En caso de mando erróneo, el ciclo se interrumpe inmediatamente y debe comenzarse de nuevo.

### La solución LOGO!

El interruptor de pedal conectado a I1 arranca la soldadura. Se trata de excluir cualquier manipulación errónea o retardo del operario. Al pisar el interruptor de pedal, el extremo del cable se lleva hasta el tope. Es necesario apretar de nuevo el pedal durante los 3 segundos siguientes para fijar los extremos del cable (válvula mandada por Q2). El intervalo de 3 segundos es indicado por una lámpara (Q1). Cuando el interruptor de pedal se ha pisado dos veces en el intervalo de 3 segundos, se produce la soldadura. Si vuelve a pisarse el interruptor de pedal, el cable se afloja y avanza (válvula mandada por Q3). Si se sobrepasan los 3 segundos desde la primera pisada del interruptor de pedal, la válvula de fijación suelte inmediatamente el cable y no se produce la soldadura. En tal caso es necesario recomenzar el ciclo.

### Componentes utilizados

- p. ej. LOGO! 24R
- I1 Interruptor de pedal, contacto NA
- Q1 Lámpara de tiempo de preselección (3 s)
- Q2 Válvula de fijación del cable
- Q3 Válvula de afloje de cable

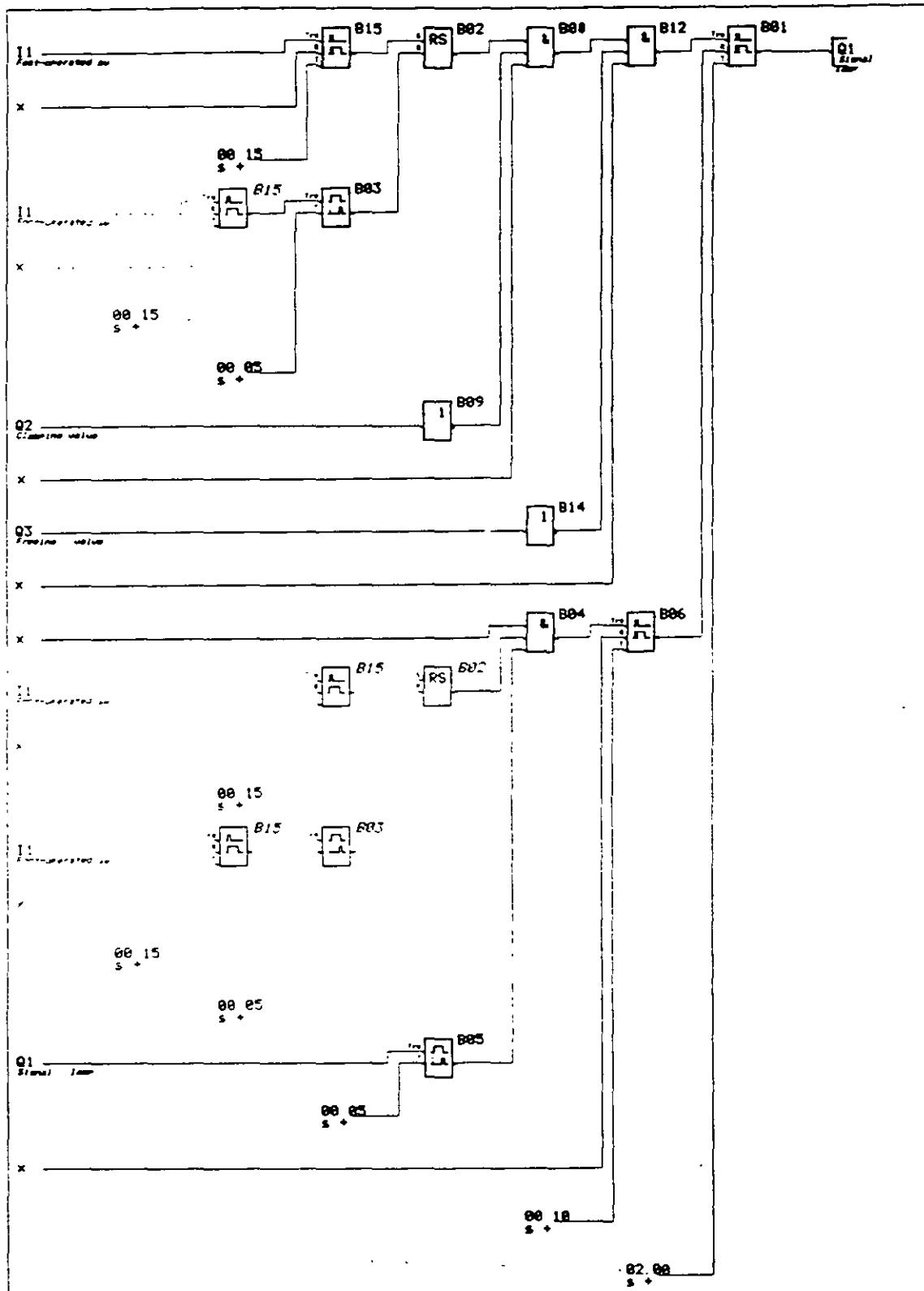
### Ventajas y particularidades

Los tiempos de preselección pueden adaptarse en todo momento en función de las condiciones existentes.

LOGO! permite materializar este circuito, cuya realización exigía hasta ahora multitud de componentes en un cofre eléctrico de 3 filas, con unas dimensiones y unos costes menores.

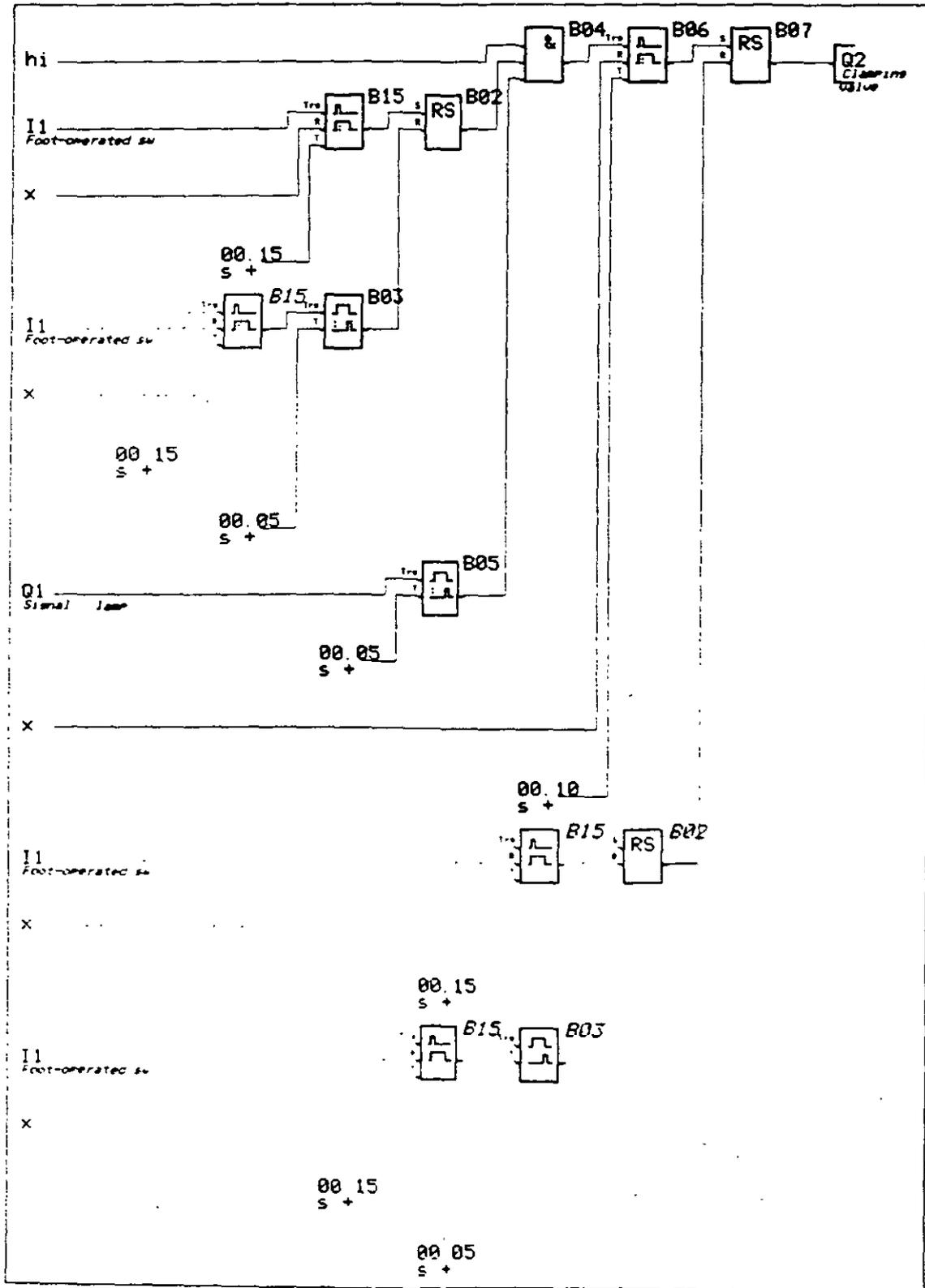
# Mando secuencial de una máquina para soldar cables de gran sección

## Esquema LOGO!Soft (parte 1)



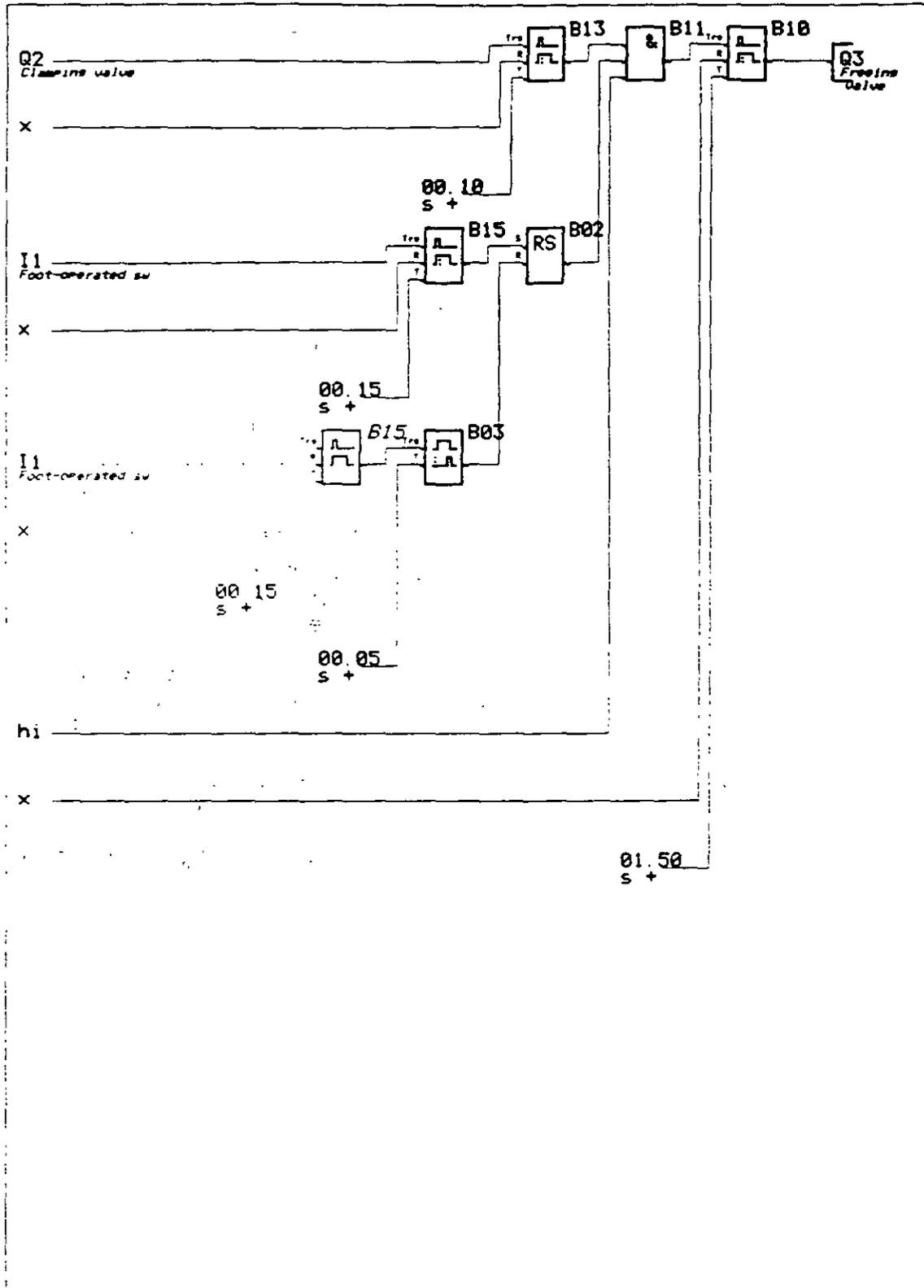
# Mando secuencial de una máquina para soldar cables de gran sección

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Mando secuencial de una máquina para soldar cables de gran sección

## Esquema LOGO!Soft (parte 3)



# Selección de velocidad de un ventilador

## Aplicaciones LOGO!

## Ejemplo 14

### Problema planteado

LOGO! debe mandar la conmutación de las cuatro velocidades de un ventilador

### La solución LOGO!

El pulsador conectado a I1 permite arrancar el ventilador a la velocidad 1. Cada vez que se apriete el pulsador el ventilador pasa a la velocidad superior. Esto es posible hasta 4 veces (Q1, Q2, Q3 y Q4).

Este selector se ha realizado con ayuda de los contadores integrados. Según el número de aprietes del pulsador I1 se manda el contactor correspondiente (I1 apretado dos veces -> Q2 activado). Para que en todo momento solo haya un contactor mandado, la conmutación entre los contactores solo se efectúa tras un retardo de 2 segundos.

El pulsador I2 permite ir reduciendo la velocidad del ventilador escalon a escalon.

### Componentes utilizados

- p. ej. LOGO! 230R
- I1 Pulsador de aumento de velocidad, contacto NA
- I2 Pulsador de reducción de velocidad, contacto NA
- Q1 Contactor velocidad 1
- Q2 Contactor velocidad 2
- Q3 Contactor velocidad 3
- Q4 Contactor velocidad 4

### Ventajas y particularidades

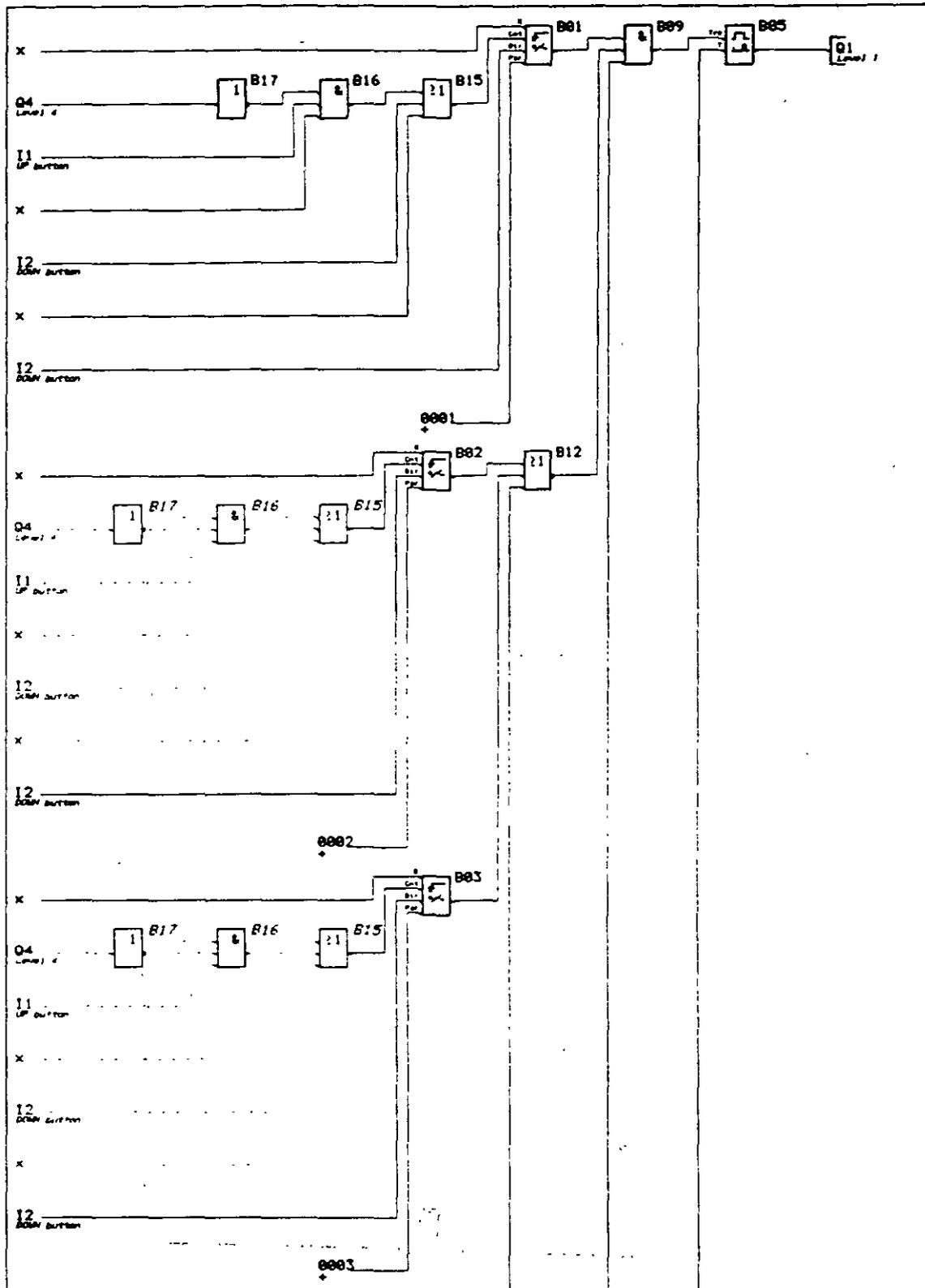
El número de posiciones del selector puede modificarse en función de las necesidades (2, 3 ó 4 posiciones).

La extensión del selector es muy fácil, p. ej. para apagar inmediatamente el ventilador en caso de que se apriete sostenidamente el pulsador I2.

La temporización de conmutación entre escalones puede modificarse fácilmente.

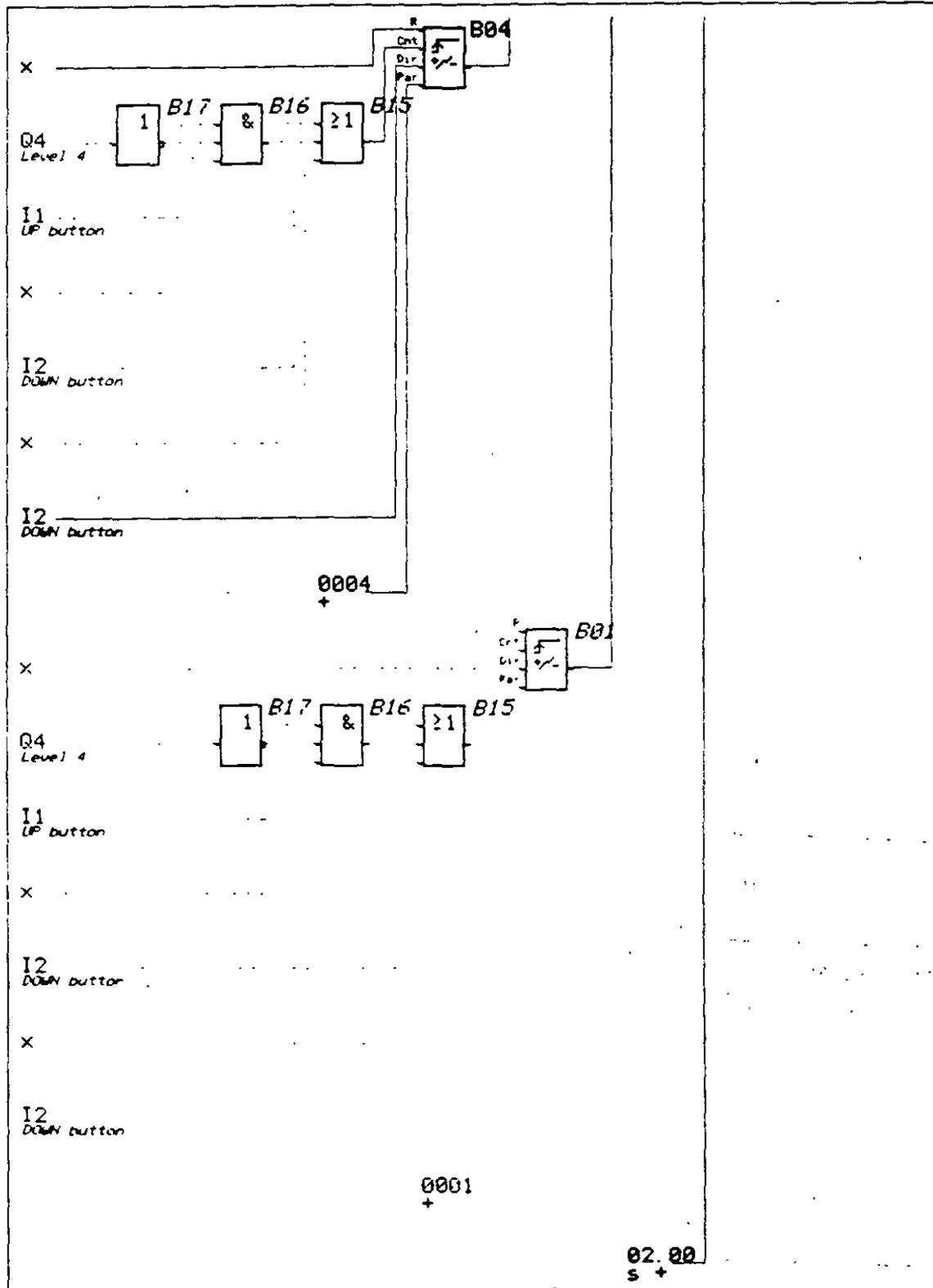
El número de componentes se ha podido reducir con relación a la solución anterior.

# Selección de velocidad de un ventilador Esquema LOGO!Soft (parte 1)



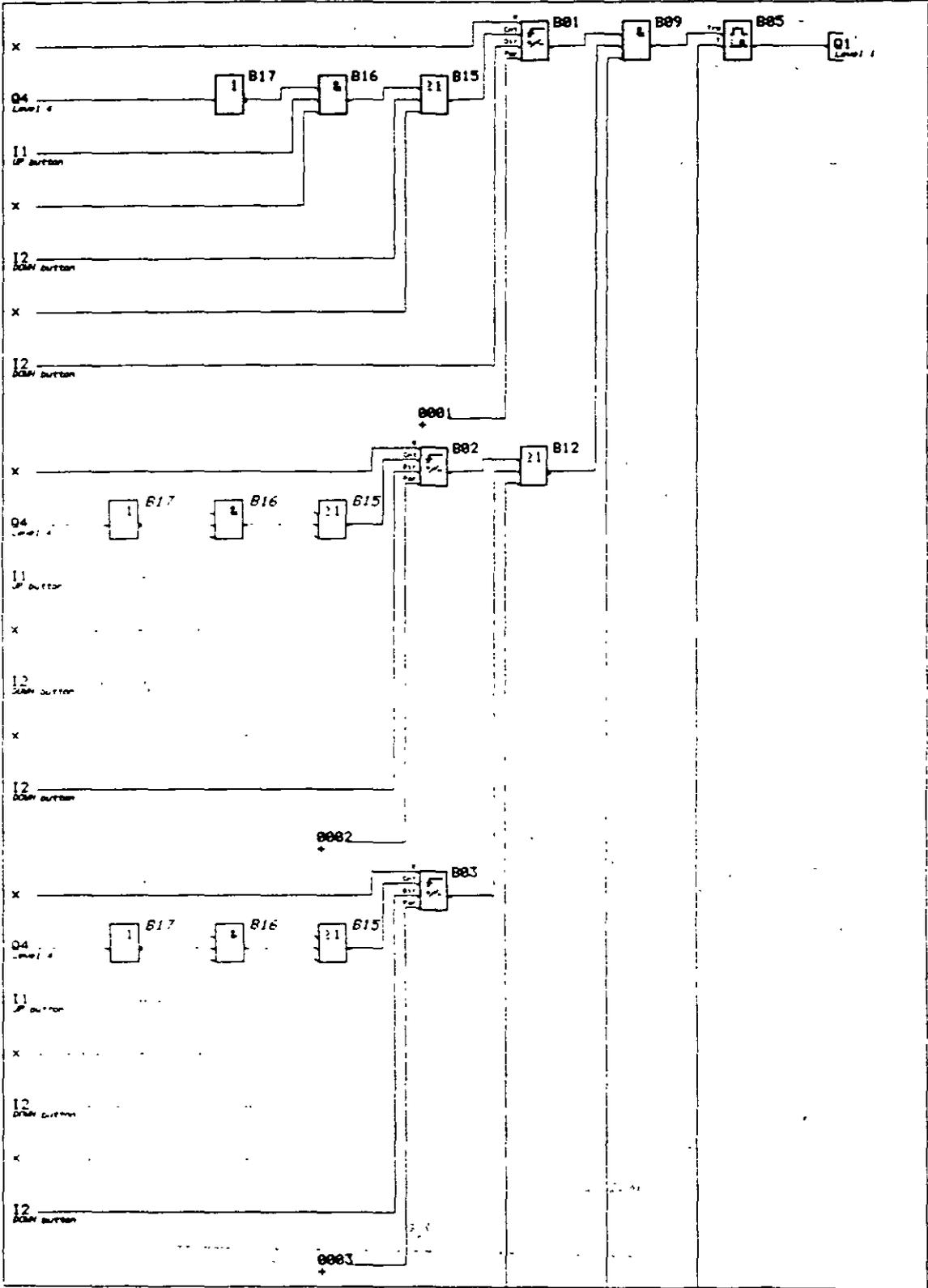
# Selección de velocidad de un ventilador

## Esquema LOGO!Soft (parte 2)



# Selección de velocidad de un ventilador

## Esquema LOGO!Soft (parte 3)



# Selección de velocidad de un ventilador Esquema LOGO!Soft (parte 4)

