



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TESIS**

**CONTROL Y MANTENIMIENTO DE ARRANCADORES DE  
MOTORES ELECTRICOS OPERADOS CON PLC**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**DAGOBERTO PATIÑO GALVAN**

**DIRECTOR DE TESIS**

**ING. HUGO A. GRAJALES ROMAN**

**CIUDAD UNIVERSITARIA MEXICO D.F. 2013**





## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la vida que hasta el día de hoy me sigue dando la oportunidad de disfrutar la luz de cada día, al seguir fluyendo en mi día a día y al ser supremo que me mediante la fe en él, nos motiva a lograr cosas que parecían imposibles de lograr. A quien me ha dado la oportunidad de tener esta experiencia realizable una vez en la vida.

Mi más grande agradecimiento a la mujer que con su persistencia, sacrificios, consejos y su amor incomparable me impulso para que siguiera adelante en mis estudios. Se fue de esta vida con la ilusión de verme hecho un profesional con buen trabajo y bien vestido ya que siempre llegaba del trabajo con la ropa totalmente engrasada. A tu recuerdo. Sé que donde ella este estará orgullosa de saber que llegue ser profesionalista.

A mi Madre Prisciliana Galván Lázaro.

Dedico este trabajo al hombre que con su carácter, Impulso moral, económico y buenos consejos hizo que no desistiera en mis metas. Como lamento haber tardado tanto en presentar mi tesis y que los dos no ya no puedan estar conmigo. Los dos tenían la esperanza de verme convertido en profesionalista. Y como él decía "La manga que si no podía, Aunque un poco tarde.

A mi Padre. José Guadalupe Patiño Sánchez.

Agradezco a la persona que ha sido mi segundo padre, y ha sido mí más valioso apoyo en los momentos más difíciles y ha sido siempre un ejemplo

a seguir, con su ayuda, paciencia y dedicación desde niño me ha ayudado a salir adelante.

Agradezco a Marco Antonio Dorantes Flores y su maravillosa familia.

Dedico este trabajo a mi hijo que siempre ha sido para mí el más grande regalo de la vida y del ser supremo. Y del cual tengo la esperanza de que la vida siga fluyendo en mí para verle realizar sus metas en la vida.

Agradezco a mi hijo. José Antonio Patiño Domínguez.

A Daniel Dorantes Patiño. Que en cierta ocasión siendo él un niño. Me enseñó que si nos esforzamos y somos Persistentes alcanzaremos la cima más alta que nos hallamos propuesto y que al principio nos resultara imposible Te recordaremos ahora y siempre.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Hugo A Grajales Román. a quien considero un gran amigo, ya que sin su paciencia y motivación no hubiera terminado el presenta trabajo. Espero contar siempre con su amistad.

Agradezco a mis amigos sus palabras de aliento y el impuso anímico para continuar y terminar el presente trabajo, ya que sin su valioso apoyo quizá nunca hubiera sido posible la terminación de mi tesis.

Al Ing. Juan Manuel Martínez Juárez y al Ing. Trinidad Delgado Briseño.

Lo dedico a familiares y amigos el que de una u otra forma hayan contribuido positivamente con una pieza importante para lograr que alcanzara esta meta tan importante y única en la vida.

Con mi más sincero agradecimiento para todos y cada uno de ellos.



## **CONTROL Y MANTENIMIENTO DE ARRANCADORES DE MOTORES ELÉCTRICOS OPERADOS CON PLC.**

### **OBJETIVO:**

Mostrar mediante el presente trabajo, los conocimientos que debemos tener sobre motores, al seleccionar un motor cuando deseamos remplazarlo, además las actuales técnicas de control utilizadas en la operación de motores eléctricos; por otra parte las prácticas de mantenimiento que se realizan principalmente a los arrancadores; cuando los motores de las máquinas que son controladas a través de PLC'S presentan alguna falla o funcionan defectuosamente o de plano no funcionan por alguna avería eléctrica, una avería en el motor o en el sistema de control.

También se tiene el propósito de dar a conocer las principales fallas de los arrancadores, que cuando se presentan repercuten en la falla de los motores y las máquinas de las que forman parte. También se presentarán las prácticas de mantenimiento que se realizan a estos, cuando son la ocasión de fallas de los motores y del sistema general del que forman parte, basados en algunas experiencias propias y obtenidas de otras fuentes de información.

Todos tenemos algún tipo de motor en nuestras casas y también hemos tenido la desgracia de que se presente alguna falla en ellos y optamos por la salida más fácil que es mandar a traer al técnico o mandarlo a reparar, sin siquiera tomarnos la molestia de revisar físicamente nuestro aparato eléctrico o preguntarnos cuál podría ser la causa de la falla.

Hoy en día el consumismo es fundamental para la subsistencia de las empresas fabricantes de productos de bienestar. Los fabricantes incorporan una serie de protecciones a sus productos con el supuesto de proporcionarnos aparatos de gran calidad, esto resulta contraproducente ya que como consumidores no nos tomamos revisar lo que nos están vendiendo y la molestia de leer al pie de la letra el instructivo de uso o el manual de operación. En este manual el fabricante algunas veces adiciona un diagrama donde nos muestra las protecciones de seguridad de su producto.

La mayoría de los fabricantes adicionan una protección consistente en un fusible o una resistencia de poco valor y potencia para su rápida ruptura a cierta sobretensión. Ello es válido para países como estados unidos ya que se suministro de energía eléctrica es estable y no para nuestro país, donde a las 8:00Hrs tenemos 127 volts o 130 volts a medio día de 122 a 125 y por la noche en algunas áreas del país un promedio de 115 volts a 121 volts. Esto ocasiona que se quemen los fusibles del motor de la lavadora, del ventilador, de la licuadora entre otros. En un taller el esmeril, el taladro u otra máquina que contenga motores y/o arrancadores puede uno confundirse y mal interpretar la falla, pensando que el mal proviene de estos.

Mi objetivo personal finalmente es aportar lo que he aprendido de motores y arrancadores en mis tareas de mantenimiento industrial para que puedan ser de utilidad a los Ingenieros, a los técnicos, y a la persona que de alguna manera tenga interés en el mantenimiento de motores y arrancadores industriales.



# **CONTROL Y MANTENIMIENTO DE ARRANCADORES DE MOTORES OPERADOS CON PLC.**

INDICE.

CAPÍTULO1. INTRODUCCION.

CAPITULO 2. ANTECEDENTES DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS.

CAPITULO 3. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

CAPITULO 4. ARRANCADORES PARA MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

CAPITULO 5. SELECCION DE UN ARRANCADOR.

CAPITULO 6. SELECCION DE UN MOTOR.

CAPITULO 7. CONTROL POR MEDIO DE PLC'S DE LOS MOTORES ELECTRICOS.

CAPITULO 8. MANTENIMIENTO DE LOS ARRANCADORES.

CAPITULO 9. MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS.

CONCLUSIONES.





## CAPITULO I. INTRODUCCION.

Las prácticas de mantenimiento dentro del campo productivo son las que se desarrollan con mayor actividad y continuidad, ya que algunas fallas requieren del tiempo completo disponible por el personal técnico y en ocasiones se requiere la continuidad en la reparación del equipo averiado por el turno siguiente y así necesariamente hasta dar solución total a la falla en cuestión.

Se hace necesario que el personal de mantenimiento este continuamente actualizado en estas prácticas, de manera continua, para que sea más capaz de solucionar las fallas que se presenten, aminorando el tiempo de paro de las máquinas. En algunas empresas esto resulta primordial ya que pretenden cada día ser más competitivos y tener mayor producción con el mínimo tiempo de paro de su maquinaria. Implementan en ocasiones 3 y 4 turnos, promueven programas de capacitación continua para su personal con el fin de actualizarlos en los dispositivos, aparatos, instrumentos y maquinaria nueva que reemplaza a los que se están utilizando actualmente y que presentan algún cambio que el fabricante ha adicionado con el fin de mejorar sus productos, como los mostrados a continuación en las siguientes fotos.



Actualmente con el avance tecnológico algunas refacciones presentan algunos cambios y de alguna manera cuando necesitamos de esta refacción hay que hacer alguna adaptación imprevista, porque el cambio hecho no solo es interno sino que también presenta cierto cambio físico el nuevo aparato.



El campo laboral requiere de personal de mantenimiento que tenga varios años de experiencia y que esté familiarizado con los cambios que se van presentando ya que así tendrá los conocimientos tanto de las máquinas viejas o antiguas por así decirlo como de las modernas, que con el surgimiento de la automatización industrial la persona de mantenimiento que no se documenta o toma cursos de actualización se rezagará e irá perdiendo competitividad en el campo laboral, ya que se requiere actualmente tener conocimientos no solo una área del mantenimiento industrial. Por ejemplo el mecánico industrial, además de mecánica conviene tener algunos conocimientos de electricidad y el técnico electricista se requiere que tenga los conocimientos de la electrónica y el control industrial y de ser posible un mínimo de mecánica industrial.

El motor desde su invención ha tenido una gran variedad de cambios debido a las múltiples aplicaciones que han ido surgiendo día a día en todos los campos de la vida diaria e irán apareciendo mas tipos de motores con diferentes características, conforme vaya avanzando la tecnología.

Debido a los cambios que ha tenido el motor y dependiendo de la aplicación que se le dé, se ocupa un motor de un tipo diferente que presenta una serie de cambios con relación al primer motor inventado, ya que los hay de corriente directa o alterna, y los que trabajan a ambos tipos de corriente, "llamados también universales", compuestos (compound).

Una precaución que se debe tener presente siempre y es fundamental importancia, es principalmente tener cuidado al conectarlos y al realizar sus conexiones, ya que de no hacerlo, podría ser de fatales consecuencias e incluso dejar inservible el motor de por vida; es por ello que es necesario adicionarles ciertas protecciones de acuerdo a la aplicación que se les dé y al tipo de conexión que se tenga (delta o estrella). Entre estas protecciones podemos mencionar a los disyuntores(interruptores), arrancadores, de este tipo de protección trata en gran parte el presente trabajo, además de un capítulo de mantenimiento de arrancadores, donde nos ocuparemos de dar soluciones de las principales fallas

que llegan a tener estos dispositivos de protección de motores y algunas prácticas de mantenimiento preventivo de estos, ya que en ocasiones trabajan bajo condiciones extremas de limpieza y un mantenimiento preventivo será redituable en ahorro de tiempo y dinero por haber prevenido a tiempo una posible falla.

Los motores como herramientas en la vida diaria ya han llegado a volverse indispensables y continuamente se les encuentran una infinidad de aplicaciones en las diferentes áreas del saber.

Al mencionar que se ha vuelto indispensable es porque hay pocas actividades podemos realizar sin contar la ayuda de algún tipo de motor, por ejemplo el uso que se le da como medio de transporte no solo de personas, sino de una variedad de cosas en los diferentes ámbitos de la vida diaria. Por ejemplo para el transporte de personas, aunque el motor utilizado es de combustión interna y utiliza como medio energético la gasolina, no podría funcionar sin la electricidad que le suministra la batería eléctrica con que cuenta y además utiliza para su funcionamiento motores pequeños de corriente directa y alterna.

El tipo de motor en el cual está basado en parte el presente trabajo es el motor eléctrico pero para conocerlo es necesario abarcar lo más posible acerca de éste y conocer sus diferentes tipos y categorías, tanto en corriente directa como en corriente alterna, y de la misma manera trataremos de los arrancadores, esto es porque van ligados inevitablemente al funcionamiento de casi cualquier máquina eléctrica que funcione mediante motor eléctrico.

Haciendo un bosquejo histórico del motor, se encontró que el primer motor eléctrico fue construido por un científico norteamericano llamado Joseph Henry en el año de 1830. Este consistía de un electroimán montado en un eje para que pudiera mecerse como un balancín al inclinarse sobre un extremo, habría un par de contactos conectados a los polos de una batería y cerraba los de la otra, en forma tal, que la corriente circulaba en la dirección opuesta. Las fuerzas magnéticas lo obligan a regresar a su posición original. El motor es similar al que aparece a continuación.



Prototipo del motor de Joseph Henry

Con el paso de los años los inventores de muchos países han realizado diferentes experimentos con diversos tipos de motores eléctricos, hasta llegar a construir los que se emplean en la actualidad.

Actualmente los motores y generadores eléctricos convencionales convierten la energía mediante un movimiento rotatorio.

Los motores eléctricos se construyen en tamaños diferentes y su funcionamiento igualmente a diferentes potencias dependiendo del tamaño y aplicación que este tenga. Es decir que son fabricados desde una pequeña fracción de caballo de potencia, hasta los que operan a miles de caballos de potencia.

Es muy común encontrar valores nominales de motores de cientos de miles de Kilowatts. De lo anterior se destaca que cantidades enormes de energía eléctrica que se generan en la industria de potencia para ser utilizados en todo el campo industrial son convertidos en potencia mecánica, que se suministra a generadores eléctricos mediante turbinas de vapor o motores de combustión interna, para producir la energía eléctrica necesaria de suministro.

Para poner en funcionamiento un motor, hay que hacerlo arrancar, Para arrancarlo hay diversidad de medios entre los que mencionaremos, desde el simple switch de un polo, el de dos polos y el de tres polos con o sin fusibles, se puede hacer de manera directa(sin protección alguna). Pero debe tenerse en cuenta que pasando de 4 caballos el incremento de corriente durante el arranque es mucho mayor al nominal llegando a ser de 25 veces la corriente nominal de carga. Se hace necesario arrancar los motores por medios en los que no se altere el voltaje en la instalación y que resulta tan perjudicial en algunos casos al ocurrir, por el alto amperaje que toman los motores durante el arranque.

El técnico de mantenimiento encargado de reparar los motores conviene que tenga los conocimientos básicos acerca del funcionamiento y mantenimiento de arrancadores o por lo menos conozca las fallas más comunes en estos que repercutan en provocar que los motores fallen o funcionen mal.

En la industria continuamente está aumentando la demanda de potencia eléctrica y se requiere para ello grandes generadores con capacidades que están llegando hasta los 100 MVA. Los generadores utilizados para esta producción tienen altas eficiencias por ejemplo en capacidades mayores a los 50 000 Kw, la eficiencia no excede del 98%. Se sabe que en general, mientras mayor sea la capacidad para una máquina eléctrica, para una mayor velocidad especificada mayor será la eficiencia.

Los motores eléctricos también tienen altas eficiencias, en algunos casos mayores del 80 % para capacidades bajas como la de 1 caballo de potencia o aun menores.

Hablando de eficiencia, cuando se les da mantenimiento a un motor se da una cuenta que han perdido una parte de su eficiencia original. Uno de los propósitos del presente trabajo es dar una propuesta que permita actualizar un motor con base en un análisis de los principios básicos de funcionamiento de algunos tipos y de acuerdo con la aplicación y modo de operación en que se tenga.

Los tipos de motores o máquinas eléctricas de los cuales se hace un estudio para su reemplazo son:

Motores de corriente directa, motores de corriente alterna, motores que trabajan con ambos tipos de corriente y los motores de inducción.

Se justificará el reemplazo del motor cuando este tenga muchos años de funcionamiento, ya que el desgaste es mayor en unas partes que en otras, no sería conveniente el recomendar que se le siga dando mantenimiento, cuando a corto plazo resultaría mejor la opción de adquirir una máquina nueva que permita tenerla trabajando por varios años más. También será justificable cuando tenga años de uso y se haya dañado severamente cuando ocurrió la falla y se tengan que reponer una lista costosa de partes y resulte mejor alternativa su reemplazo.

En el presente trabajo se dan recomendaciones para las dos alternativas posibles el reemplazo y el mantenimiento de un motor y lo mismo para a los diferentes arrancadores que existen, se dan sugerencias de mantenimiento preventivo y correctivo en el capítulo de mantenimiento de arrancadores, de la selección de estos de acuerdo al tipo de motor a proteger en los capítulos de motores y arrancadores eléctricos.

Se espera que esta información sea de utilidad a toda persona que esté familiarizada de alguna forma con el mantenimiento de motores eléctricos en general y los arrancadores, ya que algunas recomendaciones que se hacen al final de este trabajo pudieran ser de utilidad en el desarrollo de sus tareas de mantenimiento.







## **CAPITULO 2.**

### **ANTECEDENTES DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS.**

#### **Antecedentes del motor eléctrico.**

El motor eléctrico es una máquina que puede convertir la energía eléctrica en movimiento rotatorio, con el objeto de que efectúe un trabajo útil usando esa energía, la cuál es transferida a diferentes equipos y máquinas. En este proceso de transformación de energía, la única potencia que consume el motor es la que se manifiesta en forma de calor, por ello en la operación existe una gran cantidad de pérdidas que se manifiestan transformadas en calor. No hay un motor que tenga una eficiencia del 100 % pues en su funcionamiento siempre existirán pérdidas debidas a varios factores como el rozamiento o la fricción.

Lo anterior dicho en otras palabras para definir el concepto motor eléctrico es que es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. La mayoría de los motores eléctricos son reversibles, es decir, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y de particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Una batería de varios kilogramos equivale a la que contienen 80 g de gasolina. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

Un motor eléctrico fue inventado por el académico Ruso Yacobi, a fines de 1838. Yacobi utilizó su electromotor para mover buques, para alimentar el motor fue utilizada una pila galvánica.

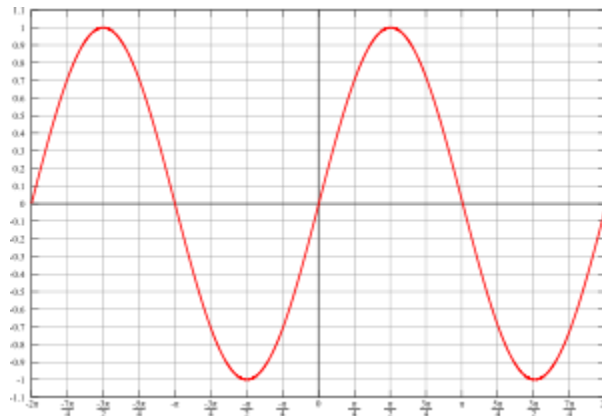
Yacobi desarrollo un colector para máquinas de corriente continua, que en sus características se utilizan hasta ahora.

Otro gran inventor de esa época fue el Ingeniero Nikola Tesla quién además de la radio, Nikola Tesla desarrolló toda la Tecnología de la Corriente Alterna que utilizamos hoy en día.

Además de las contribuciones anteriores este notable científico construyó los primeros motores y generadores polifásicos, los primeros transformadores, desarrolló la robótica y la bombilla incandescente entre otros experimentos desarrollados por él. Nikola Tesla trabajo por un tiempo para Thomas A. Edison e incluso compitió con él al inventar también lámparas como ejemplo Thomas inventó un filamento mejor para la bombilla incandescente, pero Tesla inventó el tubo fluorescente. Prácticamente todo lo que hoy utiliza electromagnetismo está derivado de las patentes originales de Tesla. De hecho él demostró efectos que no se han podido reproducir desde hace cientos de años hasta hoy en día.

Antes de seguir con la evolución del motor eléctrico trataremos un poco el surgimiento de la corriente alterna, ya que nos será de bastante utilidad.

## La corriente alterna.



Corriente Alterna Forma sinusoidal.

Se denomina corriente alterna (abreviada **CA** en español y **AC** en inglés, de alternating current) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una oscilación sinusoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras formas de oscilación periódicas, tales como la triangular o la cuadrada.

Utilizada genéricamente, la CA se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas. Sin embargo, las señales de audio y de radio transmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente alterna. En estos usos, el fin más importante suele ser la transmisión y recuperación de la información codificada (o modulada) sobre la señal de la CA.

En el año 1882 el físico, matemático, inventor e ingeniero Nikola Tesla, diseñó y construyó el primer motor de inducción de CA. Posteriormente el físico William Stanley, reutilizó, en 1885, el principio de inducción para transferir la CA entre dos circuitos eléctricamente aislados. La idea central fue la de enrollar un par de bobinas en una base de hierro común, denominada bobina de inducción. De este modo se obtuvo lo que sería el precursor del actual transformador. El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla; la distribución de la corriente alterna fue comercializada por George Westinghouse. Otros que contribuyeron en el desarrollo y mejora de este sistema fueron Lucien Gaulard, John Gibbs y Oliver Shallenget entre los años 1881 y 1889. La corriente alterna superó las limitaciones que aparecían al emplear la corriente continua (CC), el cual es un sistema ineficiente para la distribución de energía a gran escala debido



a problemas en la transmisión de potencia, comercializado en su día por Thomas A. Edison.

La primera transmisión interurbana de la corriente alterna ocurrió en 1891, cerca de Telluride, Colorado, a la que siguió algunos meses más tarde otra en Alemania. A pesar de las notorias ventajas de la CA frente a la CC, Thomas Edison siguió abogando fuertemente por el uso de la corriente continua, de la que poseía numerosas patentes. De hecho, atacó duramente a Nikola Tesla y a George Westinghouse, promotores de la corriente alterna, a pesar de lo cual ésta se acabó por imponer. Así, utilizando corriente alterna, Charles Proteus Steinmetz, de General Electric, pudo solucionar muchos de los problemas asociados a la producción y transmisión eléctrica, lo cual provocó al fin la derrota de Edison en una batalla por la utilización de las corrientes, siendo su vencedor Nikola Tesla y su financiador George Westinghouse.

### **La corriente alterna en comparación con la corriente continua.**

La razón del amplio uso de la corriente alterna viene determinada por su facilidad de transformación, cualidad de la que carece la corriente continua. En el caso de la corriente continua la elevación de la tensión se logra conectando dínamos en serie, lo cual no es muy práctico, al contrario en corriente alterna se cuenta con un dispositivo, el transformador, que permite elevar la tensión de una forma eficiente.

La energía eléctrica viene dada por el producto de la tensión, la intensidad y el tiempo. Dado que la sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, podemos, mediante un transformador, elevar el voltaje hasta altos valores (alta tensión), disminuyendo en igual proporción la intensidad de corriente. Con esto la misma energía puede ser distribuida a largas distancias con bajas intensidades de corriente y, por tanto, con bajas pérdidas por causa del efecto Joule y otros efectos asociados al paso de corriente tales como la histéresis o las corrientes de Foucault. Una vez en el punto de consumo o en sus cercanías, el voltaje puede ser de nuevo reducido para su uso industrial o doméstico y comercial de forma cómoda y segura.

Actualmente los motores mueven todo tipo de máquinas y gran parte de la maquinaria que se encuentra en la industria. Aunque en su construcción los motores son similares hay ciertas diferencias que los caracterizan y los hacen diferentes entre sí, por ello existe una clasificación donde se encuentran los diferentes tipos y categorías de los motores, así como también su función de operación en la aplicación que se le dé.

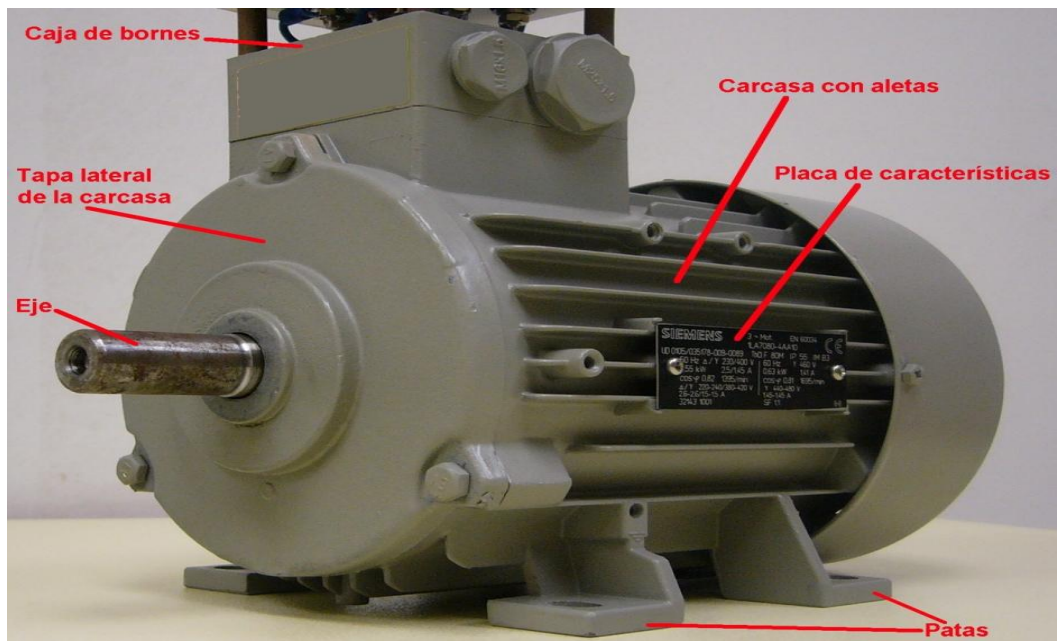
Dentro de esta clasificación hallaremos motores de corriente directa, corriente alterna, y los que trabajan con ambas. Cada uno tiene sus ventajas con respecto a los otros, pero también sus desventajas que impiden que podamos utilizar un tipo de motor para reemplazar otro de diferente tipo de corriente. Los motores de corriente continua o directa, por ejemplo pueden trabajar a velocidades distintas. Por esta razón la mayoría de las locomotoras eléctricas son impulsadas con motores de corriente continua.

En la actualidad existen motores de corriente alterna más sencillos en su construcción y su utilización, pero que no han llegado a sustituir el motor de corriente directa.

Por otra parte, es más económico y más sencillo usar la fuerza electromotriz alterna a mayores distancias que la continua. Por esto la mayoría de la corriente para el consumo público es alterna. En las estaciones generadoras de energía, la corriente cambia de dirección 60 veces por segundo y ese es un estándar que se utiliza actualmente en nuestro país. Por esto las máquinas que se trabajan a 50 ciclos son de uso muy restringido. También hay generadores que producen corriente alterna y otros con corriente directa que aunque tienen ciertas semejanzas en su construcción, son muy diferentes en su operación. Por ejemplo los motores de corriente continua y los generadores de corriente continua son también similares en su construcción, sus funciones son muy diferentes. La función de un generador es generar voltaje cuando se mueven conductores en un campo, mientras que la de un motor es producir fuerza giratoria, llamada par motor que produce rotación mecánica.

### Partes de los motores eléctricos en general y sus características más importantes.

En su construcción el motor está constituido de una serie de partes que son básicas para su funcionamiento un motor de manera general está integrado por:



Fotografía de un motor asíncrono de jaula de ardilla de 0,55 Kw, 50 Hz, 230/400 V y 1400 rpm, con indicación de sus elementos más importantes.

**Armadura (rotor).** - En un motor, la armadura recibe corriente de una fuente Externa, lo cual hace que la armadura gire.

**Conmutador.-** Una motor tiene un conmutador, el cual consiste de segmentos de cobre, de los cuales hay un par en cada bobina de la armadura. Cada segmento del conmutador está aislado de los demás con mica. Los segmentos están montados sobre el eje de la armadura y aislados de este y del hierro de la armadura.

En la base del motor se montan escobillas estacionarias de manera que hagan contacto con segmentos opuestos del conmutador.

**Escobillas o carbones.-** Son conectivos de grafito estacionarios que se montan con un resorte para que hagan contacto con el conmutador en el eje o flecha de la armadura. De esta manera las escobillas proporcionan la conexión entre las bobinas de la armadura y su voltaje de alimentación.

**Aislamientos.-** es el medio para separar con seguridad los componentes de conducción eléctrica entre sí, y proteger contra agentes ambientales nocivos como el polvo, productos químicos calor y vibraciones.

Los aislamientos para motor suelen clasificarse con las letras A, B F Y H, cada una corresponde a un límite en °C para la temperatura máxima de funcionamiento.

Clase de aislamientos	Limite de temperatura ° C
A	105
B	130
F	155
H	180

**Flecha.-** Es la parte más resistente del motor porque transmite la energía mecánica hacia la carga aplicada al motor; está hecha de acero con ligero contenido de manganeso, azufre y fósforo para darle alta resistencia al esfuerzo torsional que se presenta al estar operando al motor.

**Tapas o escudos.-** Estas pueden ser aluminio o fierro fundido y son partes mecánicas de sostén, pues en ella se alojan los rodamientos que servirán de apoyo al motor.



**Ventiladores.-** En el caso de los motores cerrados con ventilación exterior además de las partes ya descritas llevan un ventilador, el cual puede ser de plástico o aluminio que se clasifican en bidireccionales o unidireccionales.

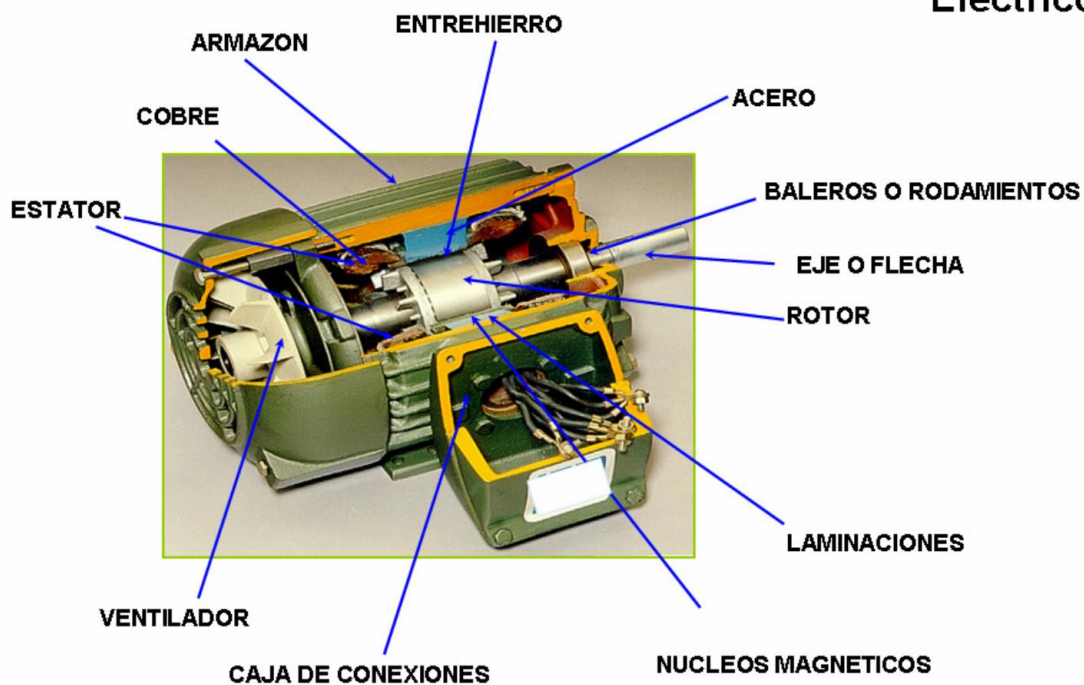
**Cajas de conexiones.-** Esta es una pieza que da protección mecánica a las terminales, se construye de fundición de hierro o de aluminio.

**Devanado del campo.-** Este electroimán produce el flujo que corta la armadura. En un motor la corriente para el campo es proporcionada por la misma fuente que alimenta la armadura.

**Devanado de la armadura.-** Las bobinas de las armaduras que se usan en las máquinas grandes de corriente continua generalmente se encuentran enrolladas en su forma final, antes de ser colocadas en la armadura. Los lados de la bobina preformada se colocan en ranuras del núcleo laminado de la armadura. Existen dos maneras en las que se pueden conectar las bobinas en el devanado, Estas son: El imbricado y el devanado ondulado.

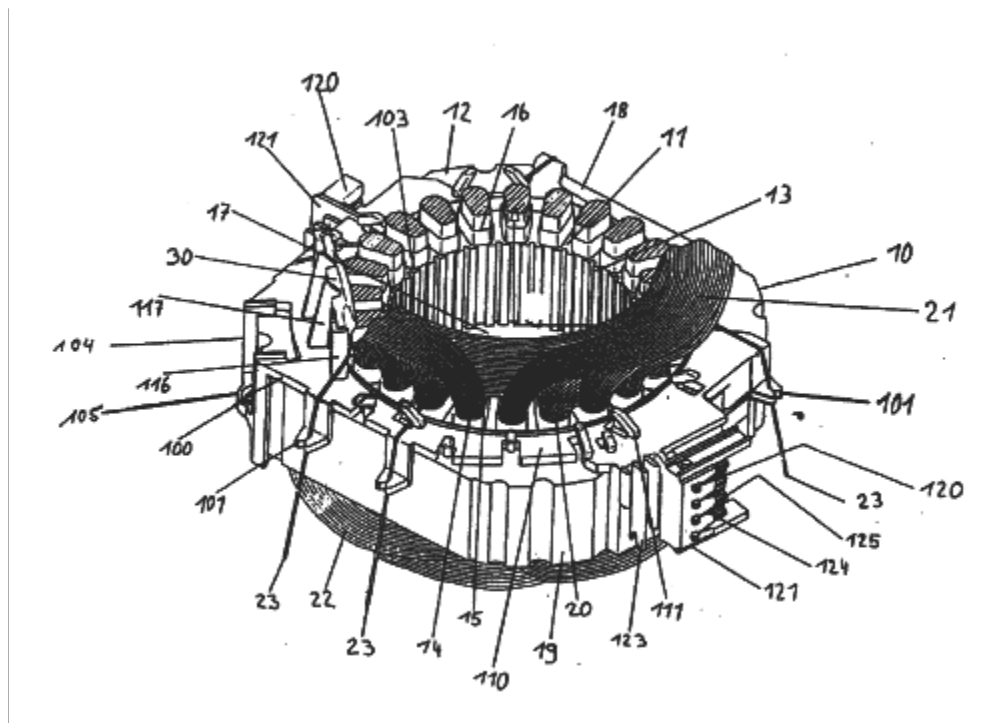
Los arrollamientos ondulados se diferencian de los imbricados únicamente por la posición de las terminales de cada bobina sobre el colector. En un arrollamiento imbricado sencillo, el principio y el fin de la bobina van conectados a dos delgas continuas, dependiendo del paso en el colector o un arrollamiento retrogrado.

## Partes del Motor Eléctrico



## Estator para motores eléctricos asíncronos.

El Estator para motores eléctricos, en particular para motores asíncronos, en el que un devanado de estator compuesto por varios ramales de devanado (20) está alojado en las ranuras estatóricas (13) de un núcleo de estator (10), y en el que los comienzos y finales de hilo (23, 24, 25) de los ramales del devanado (20) que salen de las ranuras, son conducidos directamente a través de un soporte de conexión (100) dispuesto en el estator hasta al menos un equipo de contacto (120) fijado al núcleo del estator (10), y están unidos con éste, incluyendo el soporte de conexión (100) una placa de tendido (110) esencialmente de forma circular y dispuesta sobre el núcleo del estator (10), con elementos de desviación o de guía, caracterizado porque todos los terminales de conexión (23, 24, 25) abandonan las ranuras del estator (13) en la base de la ranura (14) y porque los elementos de desvío o elementos de guía están configurados como ganchos (111, 112, 113) o como nervios (115) dispuestos entre los ganchos (114), y porque el soporte de conexión está configurado para la conducción sin contacto de los terminales de conexión (23, 24, 25) hacia el(los) equipo(s) de contacto (125; 128).



A grandes rasgos estas son las partes que básicamente constituyen un motor eléctrico. Existen diversas piezas que se le han ido adicionando y modificando con el paso del tiempo y estas son específicas para un tipo de aplicación diferente por ello hoy en día se cuentan con diferentes tipos de motores que son especiales en sus características de construcción y operación.

Las demás piezas que constituyen el motor son partes sencillas como son la tornillería, la pintura, grasa, empaques, placas descriptivas, etc.

### Clasificación de los motores eléctricos.



Los motores eléctricos se dividen en dos grandes grupos:

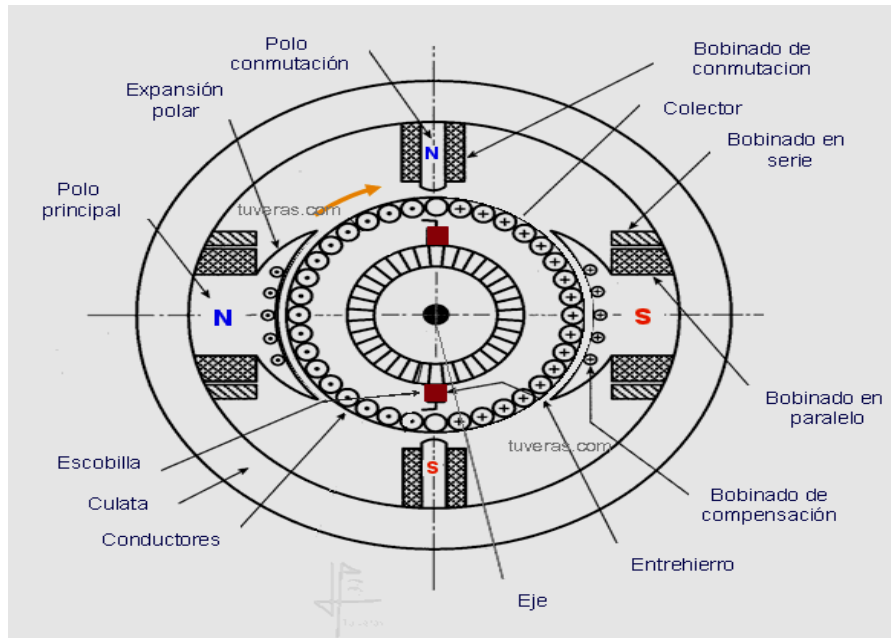
- a) Motores de corriente continúa.
- b) Motores de corriente alterna.

#### Motor de corriente continua

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica continua en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.).





La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga. Su principal inconveniente es que su mantenimiento es muy caro y laborioso.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

### **Motores de corriente continúa.**

Los motores de corriente continua han sido clasificados eléctricamente según la forma en que sus devanados de campo están conectados a la fuente de energía eléctrica que los impulsa. Los nombres descriptivos que identifican a los tres tipos principales de motores de corriente continua son:

1. - Motor serie.
2. - Motor derivado (shunt).
3. - Motor compuesto (compound).

**En el motor tipo serie**, el devanado de campo y el de armadura están conectados en serie con el circuito de entrada.

**En el motor derivado**, el devanado de campo y el de armadura se conectan en paralelo al circuito de entrada.

Como su nombre lo indica, en el motor compuesto las conexiones en serie y derivado del devanado de campo y la armadura, se combinan en una sola maquina.

Según sus características de carga y velocidad, los motores se clasifican en motores de velocidad constante, velocidad múltiple, velocidad variable ajustable.

### **Motor de corriente continúa tipo serie.**

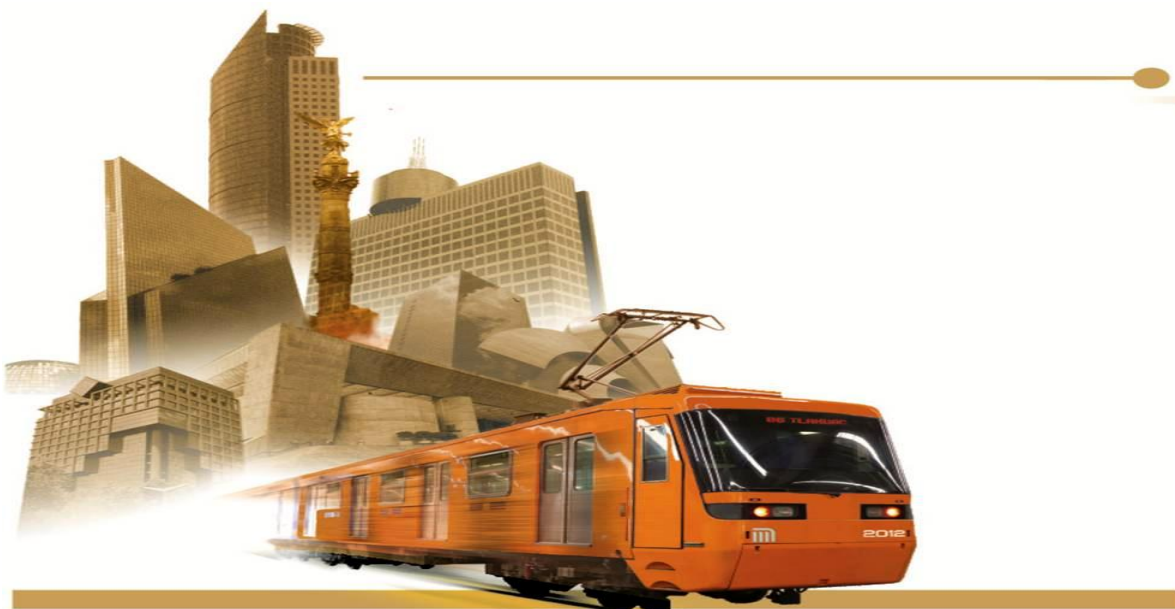
Las partes principales de un motor de corriente continua son el inducido los polos inductores, la carcasa, los escudos o tapas y el puente de los porta escobillas. El inducido que es el órgano giratorio del motor, está formado por un núcleo de chapas magnéticas provisto de ranuras longitudinales para alojar las bobinas del arrollamiento. El núcleo del colector frota las escobillas de carbón que transmite la Corriente a las bobinas de arrollamiento.

La carcasa, de acero o de función de hierro, es generalmente circular y es mecanizada de modo que permita el montaje de los polos inductores en su interior.

Tiene las bobinas inductoras formadas por unas pocas espiras de hilo grueso, conectadas en serie con el arrollamiento del inducido. Este motor posee un par de arranque elevado y una característica de velocidad suave (todo aumento de carga provoca una disminución de velocidad y viceversa), por su característica éste tipo de motor no se debe arrancar sin carga, porque se destruiría.

Las principales aplicaciones del motor en serie, se encuentran en:

- arranques con cargas pesadas
- Grúas, malacates.
- Montacargas, elevadores.
- Sistema de Transporte Colectivo Metro, automóviles y en todos aquellos casos, en donde se requiere un alto par de arranque (hasta 500%)





### **Motor de corriente continúa tipo derivado.**

Este es el tipo de motor de corriente continua más común. Está constituido igualmente que el motor de serie, solamente cambia el devanado, porque tiene las bobinas inductoras compuestas por una gran cantidad de espiras de hilo fino conectadas en paralelo con el arrollamiento de inducción, mejor conocido como devanado de campo. Este motor posee un par de arranque mediano y una característica de velocidad constante (la velocidad es prácticamente independiente de las variaciones de la carga). La velocidad nominal es a carga plena.

La velocidad se ajusta agregando resistencia al circuito del campo con un reóstato.

Para una posición fija del reóstato, la velocidad del motor permanece casi constante a todas las cargas.

Con motores de corriente continua se usan arrancadores que limitan la corriente de la armadura durante el arranque entre 125 y 200% de la corriente a plena carga. Debe tenerse cuidado de nunca abrirse el circuito de campo de un motor en derivación que funcione sin carga o en vacío porque por que la velocidad del motor crecería sin límite hasta que el motor se destruyera.

En la actualidad ese tipo de arrancadores de resistencia está remplazándose por Variadores de corriente directa que se componen electrónicamente de SCR'S.

Las principales aplicaciones del motor derivado, se encuentran en:

- Máquinas herramientas
- Cinta transportadora de velocidad constante
- Bombas, ventiladores y sopladores
- Máquinas para trabajar madera y metales
- Compresores, conjunto motor-generator
- Molinos mezcladores de hormigón

### **Motor de corriente continúa tipo combinado.**

Este motor está construido con las mismas partes que el motor derivación solamente que tiene un devanado serie, cada bobina inductora está formada por dos arrollamientos independientes, uno de los cuales va conectado en serie con el inducido y el otro en paralelo con el inducido. De este modo el campo inductor resultante es una combinación de los campos creados por cada arrollamiento inductor parcial el motor compuesto reúne las características de los motores serie y derivación se le conoce como compuesto largo esto se debe a conexión de sus devanados.

Combina las características de operación de los motores en derivación y en serie.

El motor combinado puede ser operado con seguridad, sin carga. Al agregar carga disminuye su velocidad y el par es mayor comparado con el motor en derivación.

Las principales aplicaciones del motor compuesto se encuentran cuando se combinan las características de funcionamiento de los motores derivados y serie, tales como:

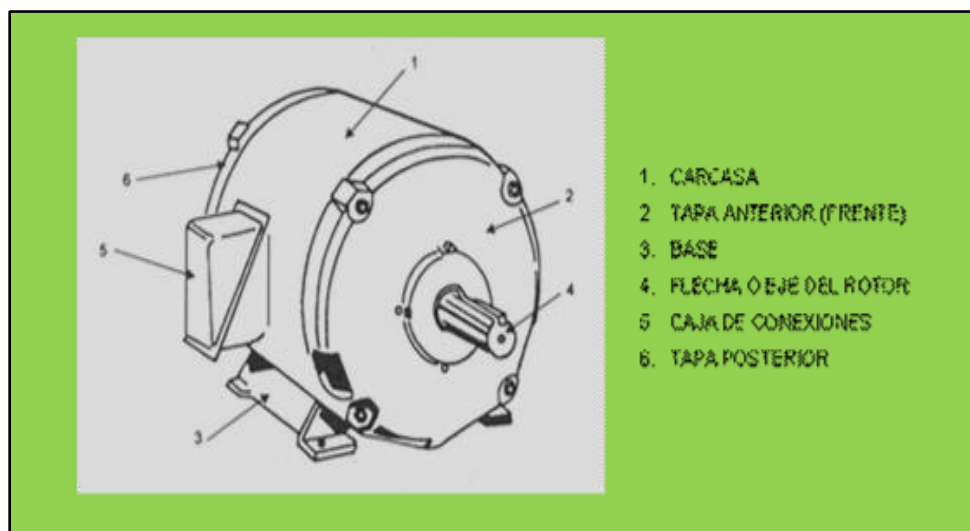
- transmisiones para laminadores
- cizallas mecánicas
- sopladores
- troqueladores
- donde se requiera un elevado par de arranque de velocidad ligeramente constante que varía de 25 y 30% y con un par de arranque hasta el 450% del nominal

### **Motor de corriente alterna**

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Un generador eléctrico, por otra parte, transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica y se le puede llamar una máquina generatriz de fem. Las dos formas básicas son el generador de corriente continua y el generador de corriente alterna, este último más correctamente llamado alternador.

Todos los generadores necesitan una máquina motriz (motor) de algún tipo para producir la fuerza de rotación, por medio de la cual un conductor puede cortar las líneas de fuerza magnéticas y producir una fem. La máquina más simple de los motores y generadores es el alternador.



Componentes básicas de un motor de corriente alterna

En algunos casos, tales como barcos, donde la fuente principal de energía es de corriente continua, o donde se desea un gran margen, pueden emplearse motores de c-c. Sin embargo, la mayoría de los motores modernos trabajan con fuentes de corriente alterna. Existe una gran variedad de motores de c-a, entre ellos tres tipos básicos: el universal, el síncrono y el de jaula de ardilla

### **Motores universales o compuestos**

Los motores universales trabajan con voltajes de corriente continua o corriente alterna. Tal motor, llamado universal, se utiliza en sierra eléctrica, taladro, utensilios de cocina, ventiladores, sopladores, batidoras y otras aplicaciones donde se requiere gran velocidad con cargas débiles o pequeñas fuerzas. Estos motores para corriente alterna y directa, incluyendo los universales se distinguen por su conmutador devanado y las escobillas. Los componentes de este motor son: Los campos (estator), la masa (rotor), las escobillas (los excitadores) y las tapas (las cubiertas laterales del motor). El circuito eléctrico es muy simple, tiene solamente una vía para el paso de la corriente, porque el circuito está conectado en serie. Su potencial es mayor por tener mayor flexibilidad en vencer la inercia cuando está en reposo, o sea, tiene un par de arranque excelente, pero tiene una dificultad, y es que no está construido para uso continuo o permanente.

Otra dificultad de los motores universales son las emisiones electromagnéticas. Las chispas del colector (chisporroteos) junto con su propio campo magnético generan interferencias o ruido en el espacio radioeléctrico. Esto se puede reducir por medio de los condensadores de paso, de 0,001  $\mu\text{F}$  a 0,01  $\mu\text{F}$ , conectados de las escobillas a la carcasa del motor y conectando ésta a masa. Estos motores tienen la ventaja de que alcanzan grandes velocidades pero con poca fuerza. Existen también motores de corriente alterna trifásica que funcionan a 380 V y a mayores tensiones.

### **Motores asíncronos.**

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí  $120^\circ$  en el espacio. Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de  $120^\circ$ , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday:

La ley de inducción de Faraday dice: La fuerza electromotriz E (diferencia de potencial o voltaje) inducida en un cuadro o espira, es proporcional a la variación del flujo magnético F que lo atraviesa en la unidad de tiempo

$$E = - N \cdot dF/dt$$

El signo menos es la llamada regla de Lenz. esto es que la diferencia de potencial a su vez tiende a generar una corriente eléctrica que produce un flujo que se opone al flujo inductor, esto es por la ley de conservación de la energía

Entonces se da el efecto Laplace (ó efecto motor): todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto Faraday (ó efecto generador): en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión. El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción. La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor. La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

### **Motores síncronos**

Se puede utilizar un alternador como motor en determinadas circunstancias. Si se excita el campo con c-c y se alimenta por los anillos colectores a la bobina del rotor con c-a, la máquina no arrancará. El campo alrededor de la bobina del rotor es alterno en polaridad magnética pero durante un semiperiodo del ciclo completo, intentará moverse en una dirección y durante el siguiente semiperiodo en la dirección opuesta. El resultado es que la máquina permanece parada. La máquina solamente se calentará y posiblemente se quemará.

Para generar el campo magnético del rotor, se suministra una CC al devanado del campo; esto se realiza frecuentemente por medio de una excitatriz, la cual consta de un pequeño generador de CC impulsado por el motor, conectado mecánicamente a él. Se mencionó anteriormente que para obtener un par constante en un motor eléctrico, es necesario mantener los campos magnéticos del rotor y del estator constantes, el uno con relación al otro. Esto significa que el campo que rota electromagnéticamente en el estator y el campo que rota mecánicamente en el rotor se deben alinear todo el tiempo.

La única condición para que esto ocurra consiste en que ambos campos roten a la velocidad sincrónica:

$$V_s = \frac{60F}{P}$$

Es decir, son motores de velocidad constante.

Para una máquina sincrónica de polos no salientes (rotor cilíndrico), el par se puede escribir en términos de la corriente alterna del estator, y de la corriente continua del rotor,  $i_f$

$$T = k \cdot \frac{i_s(t)}{i_f} \cdot \frac{1}{\text{sen}(\gamma)}$$

Donde  $\gamma$  es el ángulo entre los campos del estator y del rotor

El rotor de un alternador de dos polos debe hacer una vuelta completa para producir un ciclo de c-a. Debe girar 60 veces por segundo (si la frecuencia fuera de 60 Hz), o 3.600 revoluciones por minuto (rpm), para producir una c-a de 60 Hz. Si se puede girar a 3.600 rpm tal alternador por medio de algún aparato mecánico, como por ejemplo, un motor de c-c, y luego se excita el inducido con una c-a de 60 Hz, continuará girando como un motor síncrono.

Su velocidad de sincronismo es 3.600 rpm. Si funciona con una c-a de 50 Hz, su velocidad de sincronismo será de 3.000 rpm. Mientras la carga no sea demasiado pesada, un motor síncrono gira a su velocidad de sincronismo y solo a esta velocidad. Si la carga llega a ser demasiado grande, el motor va disminuyendo su velocidad, pierde su sincronismo y se para. Los motores síncronos de este tipo requieren todos de una excitación de c-c para el campo (o rotor), así como una excitación de c-a para el estator.

Se puede fabricar un motor síncrono construyendo el rotor cilíndrico normal de un motor tipo jaula de ardilla con dos lados planos. Un ejemplo de motor síncrono es el reloj eléctrico, que debe arrancarse a mano cuando se para. En cuanto se mantiene la c-a en su frecuencia correcta, el reloj marca el tiempo exacto. No es importante la precisión en la amplitud de la tensión.

### **Motores de jaula de ardilla.**

La mayor parte de los motores que funcionan con c-a de una sola fase tienen el rotor de tipo jaula de ardilla. Los rotores de jaula de ardilla reales son mucho más compactos y tienen un núcleo de hierro laminado.

Los conductores longitudinales de la jaula de ardilla son de cobre y van soldados a las piezas terminales de metal. Cada conductor forma una espira con el conductor opuesto conectado por las dos piezas circulares de los extremos. Cuando este rotor está entre dos polos de campos electromagnéticos que han sido magnetizados por una corriente alterna, se induce una fem en las espiras de la jaula de ardilla, una corriente muy grande las recorre y se produce un fuerte campo que contrarresta al que ha producido la corriente (ley de Lenz). Aunque el rotor pueda contrarrestar el campo de los polos estacionarios, no hay razón para que se mueva en una dirección u otra y así permanece parado. Es similar al motor síncrono el cual tampoco se arranca solo. Lo que se necesita es un campo rotatorio en lugar de un campo alterno.

Cuando el campo se produce para que tenga un efecto rotatorio, el motor se llama de tipo de jaula de ardilla. Un motor de fase partida utiliza polos de campo adicionales que están alimentados por corrientes en distinta fase, lo que permite a los dos juegos de polos tener máximos de corriente y de campos magnéticos con muy poca diferencia de tiempo. Los arrollamientos de los polos de campo de fases distintas, se deberían alimentar por c-a bifásicas y producir un campo magnético rotatorio, pero cuando se trabaja con una sola fase, la segunda se consigue normalmente conectando un condensador (o resistencia) en serie con los arrollamientos de fases distintas.

Con ello se puede desplazar la fase en más de  $20^\circ$  y producir un campo magnético máximo en el devanado desfasado que se adelanta sobre el campo magnético del devanado principal.

Desplazamiento real del máximo de intensidad del campo magnético desde un polo al siguiente, atrae al rotor de jaula de ardilla con sus corrientes y campos inducidos, haciéndole girar. Esto hace que el motor se arranque por sí mismo.

El devanado de fase partida puede quedar en el circuito o puede ser desconectado por medio de un conmutador centrífugo que le desconecta cuando el motor alcanza una velocidad predeterminada. Una vez que el motor arranca, funciona mejor sin el devanado de fase partida. De hecho, el rotor de un motor de inducción de fase partida siempre se desliza produciendo un pequeño porcentaje de reducción de la que sería la velocidad de sincronismo.

Si la velocidad de sincronismo fuera 1800 rpm, el rotor de jaula de ardilla, con una cierta carga, podría girar a 1750 rpm. Cuanto más grande sea la carga en el motor, más se desliza el rotor. En condiciones óptimas de funcionamiento un motor de fase partida con los polos en fase desconectados, puede funcionar con un rendimiento aproximado del 75%.

Otro modo de producir un campo rotatorio en un motor, consiste en sombrear el campo magnético de los polos de campo. Esto se consigue haciendo una ranura en los polos de campo y colocando un anillo de cobre alrededor de una de las partes del polo.

Mientras la corriente en la bobina de campo está en la parte creciente de la alternancia, el campo magnético aumenta e induce una fem y una corriente en el anillo de cobre. Esto produce un campo magnético alrededor del anillo que contrarresta el magnetismo en la parte del polo donde se halla él.

En este momento se tiene un campo magnético máximo en la parte de polo no sombreada y un mínimo en la parte sombreada. En cuanto la corriente de campo alcanza un máximo, el campo magnético ya no varía y no se induce corriente en el anillo de cobre. Entonces se desarrolla un campo magnético máximo en todo el polo. Mientras la corriente está decreciendo en amplitud el campo disminuye y produce un campo máximo en la parte sombreada del polo.

De esta forma el campo magnético máximo se desplaza de la parte no sombreada a la sombreada de los polos de campo mientras avanza el ciclo de corriente. Este movimiento del máximo de campo produce en el motor el campo rotatorio necesario para que el rotor de jaula de ardilla se arranque solo. El rendimiento de los motores de polos de inducción sombreados no es alto, varía del 30 al 50 por 100. Una de las principales ventajas de todos los motores de jaula de ardilla, particularmente en aplicaciones de radio, es la falta de colector o de anillos colectores y escobillas. Esto asegura el funcionamiento libre de interferencias cuando se utilizan tales motores. Estos motores también son utilizados en la industria. El mantenimiento que se hace a estos motores es fácil.

**Motor eléctrico de corriente alterna.** En el grupo de los motores de corriente alterna tenemos la siguiente clasificación.

1. - **Motores asíncronos o de inducción.**
2. - **Motores síncronos.**
3. - **Motor asíncrono o de inducción.**

El motor eléctrico de inducción es uno de los tipos más viejos de motores eléctricos y es además el más simple en su forma común; contiene el embobinado en forma de jaula de ardilla. Su primera instalación comercial fue ejecutada en 1889.

El motor asíncrono es el motor de corriente alterna más empleado, debido a varias ventajas: Fortaleza, simplicidad de construcción, bajo costo, escaso mantenimiento y capacidad de regulación de velocidad. Su comportamiento puede ajustarse a gran número de diferentes condiciones de operación por medio de cambios de diseño bastante sencillos.

#### **Intensidad de una corriente alterna.**

La intensidad de una corriente alterna es variable en sentido y magnitud. No obstante, si medimos la intensidad por medio de un amperímetro térmico, obtendremos una desviación fija de la aguja del aparato. El valor indicado por el amperímetro representa el efecto calorífico de la corriente.  $I_{ef}$  intensidad eficaz.

Se llama intensidad eficaz de una corriente alterna al valor de una corriente continua que produciría los mismos efectos caloríficos. Así, una intensidad eficaz de 1 Amper de corriente alterna produce el mismo recalentamiento que una intensidad de 1 Amper de corriente continua.

Es pues evidente que la intensidad eficaz de una corriente alterna tiene un valor inferior al de la intensidad máxima.

$$I_{ef} = 0.7071 I_{máxima} =$$

El motor de inducción es el tipo de motor de corriente alterna más usado por su construcción sencilla y resistente y sus buenas características de operación. Consiste de dos partes: el estator (parte estacionaria) y el rotor (parte giratoria). El estator se conecta a la fuente. El tipo más importante de motor de inducción polifásico es el motor trifásico. (La máquina trifásica tiene tres devanados y proporcionan una salida entre varios pares de conductores).

Cuando el devanado del estator recibe la energía de la fuente trifásica se crea un campo magnético giratorio. Al pasar el campo a través de los conductores y hace que por ellos circule corriente, los conductores del rotor, por los cuales pasa corriente en el campo del estator, están sometidos entonces a un par motor que hace girar el rotor.

## **Características de un motor de corriente alterna.**

### **Deslizamiento.**

Un motor de inducción que gira sin carga mantendrá prácticamente la velocidad síncrona; pero al aplicarle carga, la velocidad será menor a la síncrona y esta diferencia de velocidades se le llama deslizamiento.

### **Momento de torsión.**

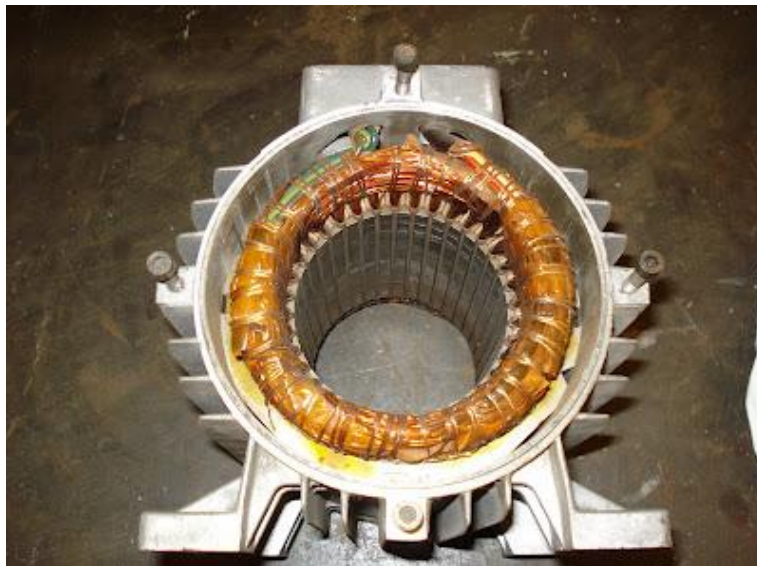
Es la fuerza a ejercerse desde la inercia, hasta el movimiento giratorio. En el momento de torsión en los motores hay dos características. El momento de torsión en el arranque y el momento de torsión en él límite.

### **Voltaje y frecuencia.**

Para obtener los mejores resultados los motores tienen que trabajar con voltaje y frecuencias normales asignados en voltaje se puede tener una variación del 10 % más o menos del indicado en la placa características, mientras que la frecuencia puede variar de un 5% más o menos y nunca variar ambos factores a la vez hasta los límites extremos permitidos, ni deben tampoco cambiar en direcciones opuestas.

### **Devanado del estator.**

El estator se compone de un núcleo de chapas de acero con ranuras semicerradas, d una carcasa de acero o de fundición dentro de la cual esta introducido a presión el núcleo de chapas y de dos arrollamientos de hilo de cobre aislados alojados en las ranuras.



### **Rotor.**

Se compone de tres partes fundamentales, la primera de ellas es el núcleo, está formado por un paquete de láminas o chapas de hierro de elevada calidad magnética. La segunda es el eje sobre el cual va ajustado a presión el paquete de chapas, la tercera es la ventilación para enfriar las partes de sus componentes.





### **Los escudos o placas terminales.**

Están fijados a la carcasa del estator por medio de tornillos o pernos, su misión principal es mantener el eje del rotor en posición invariable.



Cada escudo tiene orificio para alojar el cojinete, sea de bolas o deslizamiento donde descansa el extremo correspondiente del eje giratorio.

### **Rodamientos o cojinetes.**

Estos cumplen las siguientes funciones: sostener el peso del rotor, mantener a este exactamente centrado en el interior del estator, permitir el giro del rotor con la mínima fricción y evitar que el rotor llegue a rozar con el estator.



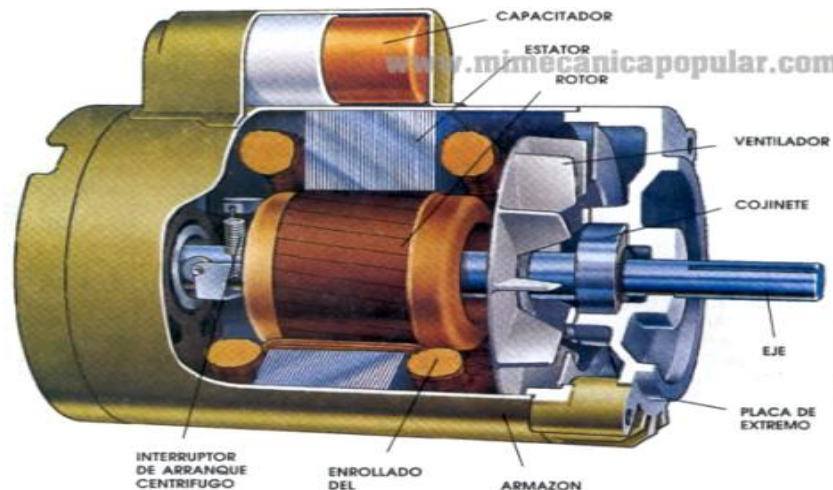
## Velocidad.

Es la distancia recorrida en un cierto tiempo, en los motores se emplean unidades R.P.M. (revoluciones por minuto), en los motores por el número de polos se diagnostica a qué velocidad gira.

$$\text{Velocidad} = \frac{120 \times \text{frecuencia}}{\text{Numero de polos}}$$

## Motor con condensador.

Los motores con condensador trabajan a una potencia que va desde 1/20 C.P (caballos de potencia) hasta 10 C.P. Este tipo de motor trabaja con corriente alterna monofásica, bifásica. Este motor consta de 7 partes que son: Una parte giratoria llamada rotor, una parte fija llamada estator, dos escudos o tapas terminales, carcasa, interruptor centrífugo, platinos, capacitor.



La función del capacitor es compensar el arranque del motor y el interruptor centrífugo y por medio de platinos, sacan de operación al devanado de arranque y al capacitor cuando el motor alcanza el 70 % de su velocidad nominal.

Este motor consta de dos devanados:

Devanado de arranque, se caracteriza por un conductor fino de un mayor número de vueltas en la bobina.

Devanado de trabajo El devanado de trabajo se caracteriza por un calibre mayor, un número menor de vueltas en la bobina. Estos tipos de motor con condensador tienen un par de arranque muy elevado en comparación con motores de fase partida.

Las principales aplicaciones de un motor con condensador se encuentran:

- Compresores
- Bombas de agua
- Refrigeradores
- Acondicionadores de aire
- Accionamientos sujetos a servicios pesados
- Extractores de aire

### **Motores polifásicos de corriente alterna.**

Son motores de corriente alterna diseñados para ser conectados a las redes de alimentación trifásicas o bifásicas, ambos tipos son de construcción análoga, y solo difieren en las conexiones internas de sus arrollamientos. Los motores polifásicos de corriente alterna se clasifican en los siguientes tipos:

- Inducción de rotor devanado
- Inducción de jaula de ardilla
- Síncronos

A su vez los motores de inducción se clasifican en dos tipos de jaula de ardilla y de rotor devanado: ambos tienen la misma construcción del estator pero difieren en la construcción del rotor.

El núcleo del estator se construye de laminaciones ranuradas de chapa de acero. Los devanados están distribuidos en las ranuras del estator para formar los tres diferentes juegos de polos.

**Motor de inducción jaula de ardilla.** (También llamado motor inducido de jaula), tiene un núcleo laminado, con conductores colocados en paralelo al eje e incrustados en ranuras en el perímetro del núcleo. Los conductores del rotor no están aislados del núcleo

En cada extremo el rotor está cortocircuitado por anillos continuos extremos. Si no estuvieran presentes las laminaciones de los conductores y sus anillos extremos parecería una jaula giratoria de ardilla.

Este motor se compone de cuatro partes principales: Estator, rotor, tapas o escudos y carcasa en forma más básica; pero en su forma completa está constituida de gran parte de componentes.



Motor trifásico jaula de ardilla, vertical, flecha hueca con techo sin patas marca Siemens.

#### **Descripción del motor.**

Este tipo de motores está destinado a impulsar bombas que imponen altas cargas de empuje axial descendente, como bombas de pozo profundo.

Los motores verticales flecha hueca se pueden utilizar en interior o intemperie, ya que por su diseño totalmente cerrado TCVE, los bobinados, baleros, estator y rotor están libres de contaminación por polvo, humedad, basura y ataque de roedores, lo que garantiza un funcionamiento confiable y duradero.

Los motores están provistos con brida tipo "P" para montaje al cabezal de la bomba. La caja de conexiones tiene espacio suficiente para realizar las conexiones de cables de una manera fácil y segura, ya que se cumple el volumen prescrito en la norma NEMA MG-1-1987.

Aspecto eléctrico: Motor diseño NEMA "B". El rotor es del tipo jaula de ardilla inyectado con aluminio de alta calidad. La tensión nominal de operación es de 440 Volts a 60Hz.

#### **Protección.**

Nuestro motor vertical flecha hueca posee un trinquete, mediante el cual se evita un giro opuesto al normal del motor que pueda ocurrir por una conexión eléctrica equivocada o porque el agua que quedo en la columna de la bomba al pararse el motor, tienda a recuperar su nivel normal y esto pueda ocasionar que la flecha de la bomba se destornille.

El trinquete elimina esta posibilidad, al caer uno de los siete pernos alojados en el ventilador de algún canal de la tapa balero exterior y así detener inmediatamente el motor y evitar el peligroso sentido opuesto de giro.

Solamente personal especializado deberá realizar la instalación y acoplamiento de la bomba y motor flecha hueca.

### **Rodamientos.**

El sistema de rodamiento lo componen uno o dos baleros de contacto angular montados en el escudo (soporte de carga) y un balero guía montado en la brida. Lo anterior permite una operación suave y silenciosa.

### **Protección térmica en rodamiento de carga.**

El motor está provisto de fábrica con una protección térmica "PR" en los rodamientos de carga, el objeto de esta protección adicional en toda serie de motores es detectar cualquier anomalía durante el funcionamiento.

### **Mantenimiento preventivo.**

Esta reducido a un mínimo de trabajos y costos. Para ello basta seguir las indicaciones dadas en las placas de características y lubricación del motor, sobre todo lo referente al tipo de grasa y el periodo de engrase del motor.

Lista de partes del motor vertical flecha hueca:

1. Cubierta superior. (Techo)
2. Rejilla.
3. Cople
4. Ventilador
5. Capuchón.
6. Cuna Ventilador.
7. Salpicador roscado para ajuste de baleros.
8. Tornillo Allen.
9. Rodamiento de contacto angular 1) (Doble)
10. Escudo opuesto.
11. Tornillo C. Hexagonal.
12. Tapa balero interior lado opuesto.
13. Sellos para grasa.
14. Flecha hueca.
15. Carcasa.
16. Anillo de fieltro.
17. Tapa balero interior.
18. Muelle de precarga.

- 19. Tornillo C. Hexagonal.
- 20. Rodamiento de bolas.
- 21. Salpicador.
- 22. Brida "P".
- 23. Tornillo C. Hexagonal.

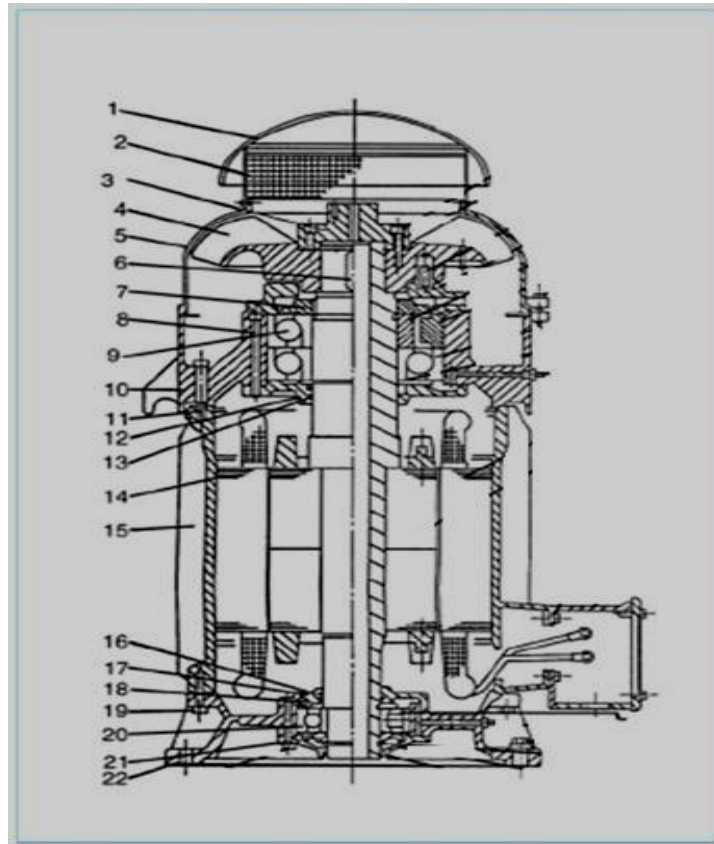
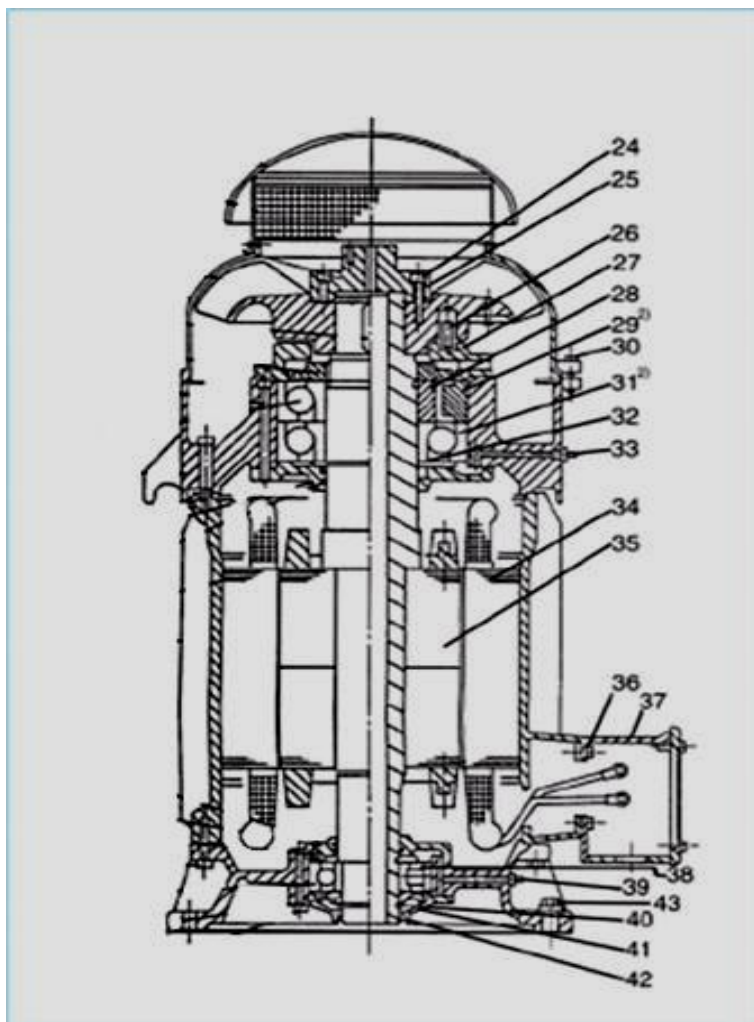


Diagrama del Motor Vertical flecha hueca.

- 24. Tornillo Allen.
- 25. Anillo de seguridad.
- 26. Perno trinquete.
- 27. Tapa balero exterior lado opuesto.
- 28. Anillo separador.
- 29. Pieza de relleno.
- 30. Tornillo C. Hexagonal.
- 31. Rodamiento de contacto angular
- 32. Anillo de seguridad.

- 33. Graseira.
- 34. Paquete estator.
- 35. Paquete rotor.
- 36. Tornillo C. Hexagonal.
- 37. Caja de conexiones.
- 38. Rodamiento guía (rodillos).
- 39. Graseira.
- 40. Anillo de seguridad.
- 41. Tapa balero exterior lado brida.
- 42. Reten (V-Ring).
- 43. Placa de apriete para la apuesta de tierra.





### Características técnicas del motor

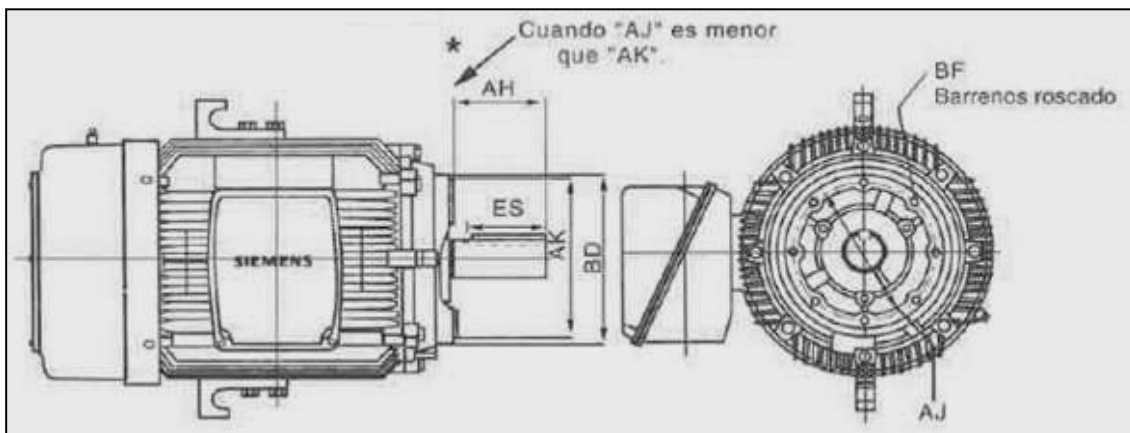
HP	RPM síncrona	RPM asíncrona	Armazón	Corriente (A)			Letra de código	Eficiencia nominal %			Factor de potencia %			Par			Conexión
				en vacío	plena carga	arranque		1/2	3/4	plena carga	1/2	3/4	plena carga	Nom. lb-pie	Rotor Bloq. %	Máx. %	
40	3600	3530	324TS	13	47	303	G	94.0	94.1	93.6	80	87	89	60	150	250	D
	1800	1770	324T	16	49	303	G	94.0	94.2	93.6	77	82	76	119	190	240	D
	1200	1180	364T	25	54	303	G	93.6	93.9	93.6	59	71	62	178	170	230	D
	900	885	365T	38	66	303	G	90.7	92.0	91.7	49	60	65	237	150	200	D
50	3600	3530	326TS	16	58	380	G	94.1	94.2	93.6	82	89	91	74	150	250	D
	1800	1770	326T	19	61	380	G	94.1	94.2	93.6	77	84	86	148	190	240	D
	1200	1180	365T	31	69	380	G	94.0	94.2	93.6	60	71	76	223	170	230	D
	900	885	404T	29	70	380	G	92.3	92.4	91.7	64	73	76	297	140	200	D
60	3600	3565	364TS	20	71	455	G	93.8	94.1	93.6	80	86	88	89	160	250	D
	1800	1775	364T	22	74	455	G	93.9	94.1	93.6	74	82	85	178	160	240	D
	1200	1185	404T	27	77	455	G	94.1	94.5	94.1	70	78	81	266	150	200	D
	900	885	405T	31	82	455	G	92.3	92.4	91.7	67	76	79	356	140	200	D
75	3600	3565	365TS	23	89	568	G	94.3	94.5	94.1	81	86	88	111	160	260	D
	1800	1775	365T	28	91	568	G	94.4	94.6	94.1	74	83	85	222	155	240	D
	1200	1185	405T	36	97	568	G	85.8	94.9	94.5	68	77	80	332	150	200	D
	900	885	444T	39	98	568	G	82.5	93.3	93.0	67	76	80	445	135	200	D
100	3600	3570	405TS	20	113	758	G	94.6	94.7	94.1	90	92	92	147	120	200	D
	1800	1780	405T	31	118	758	G	95.0	95.2	94.5	80	85	87	295	160	200	D
	1200	1185	444T	40	122	758	G	94.6	94.9	94.5	75	82	85	443	140	200	D
	900	885	445T	50	129	758	G	94.2	94.5	94.1	70	78	81	593	130	200	D
125	3600	3575	444TS	33	144	949	G	94.0	94.6	94.5	85	89	90	184	120	200	D
	1800	1785	444T	44	150	949	G	95.1	95.3	95.0	78	84	86	368	160	200	D
	1200	1185	445T	46	151	949	G	94.7	94.9	94.5	77	84	86	554	140	200	D
	900	885	447T	56	159	949	G	94.1	94.2	93.6	70	79	82	742	130	200	D
150	3600	3575	445TS	39	171	1134	G	94.8	95.2	95.0	84	89	90	220	120	200	D
	1800	1785	445T	47	178	1134	G	95.7	96.0	95.8	80	85	86	441	150	200	D
	1200	1185	447T	47	178	1134	G	95.4	95.6	95.0	81	86	87	665	125	200	D
	900	885	447T	75	194	1134	G	94.1	94.5	94.1	67	76	80	890	130	200	D
200	3600	3575	447TS	42	226	1516	G	94.9	95.2	95.0	88	90	91	294	120	200	D
	1800	1785	447T	63	235	1516	G	96.0	96.1	95.8	81	86	87	588	150	200	D
	1200	1185	449T	58	236	1516	G	95.4	95.5	95.0	82	86	87	886	125	200	D
	900	885	449T	106	252	1516	G	94.8	94.9	94.5	71	79	82	1186	125	200	D
250	3600	3575	449TS	47	279	1908	G	95.3	95.6	95.4	90	92	92	368	120	200	D
	1800	1785	449T	82	294	1908	G	95.8	96.0	95.8	80	85	87	735	140	180	D
	1200	1185	449T	78	293	1908	G	95.5	95.5	95.0	82	87	88	1108	120	200	D
	900	885	S449LS	116	317	1908	G	94.5	94.8	94.5	70	78	82	1483	105	200	D
300	3600	3575	449TS	71	338	2300	G	95.2	95.8	95.8	86	90	91	441	100	200	D
	1800	1785	449T	115	362	2300	G	95.0	95.5	95.4	76	83	85	882	120	200	D
	1200	1185	S449LS	94	351	2300	G	95.5	95.5	95.0	82	87	88	1329	105	200	D
	900	885	S449LS	139	413	2300	G	95.2	95.3	95.0	77	84	87	1551	100	200	D
350	3600	3575	S449SS	70	386	2666	G	95.4	95.7	95.4	90	92	93	515	80	200	D
	1800	1785	S449LS	120	408	2666	G	95.5	95.9	95.8	79	86	88	109	100	200	D
	1200	1185	S449LS	139	413	2666	G	95.2	95.3	95.0	77	84	87	1551	100	200	D
400	3600	3570	S449SS	84	437	3032	G	94.2	95.6	95.4	90	93	94	588	80	200	D
	1800	1785	S449LS	144	469	3232	G	95.7	96.0	95.8	79	85	87	1176	100	200	D



## Motores trifásicos con brida C

Dimensiones de motores con brida C en pulgadas

Armazón	BD	AJ	AK	U	AH	BA	ES	S	BF# cantidad	BF diam. roscado
143/145TC	6.5	5.875	4.5	0.875	2.125	2.25	1.41	0.188	4	16 NC 3/8"
182/184TC	9	7.250	8.5	1.125	2.625	2.75	1.78	0.25	4	13 NC 1/2"
182/184TCH	6.5	5.875	4.5	1.125	2.625	2.75	1.78	0.25	4	16 NC 3/8"
213/215TC	9	7.250	8.5	1.375	3.125	3.5	2.41	0.312	4	13 NC 1/2"
254/256TC	10	7.250	8.5	1.625	3.750	4.25	2.91	0.375	4	13 NC 1/2"
284/6TC	10.75	9	10.5	1.875	4.38	4.75	3.25	0.5	4	13NC 1/2"
284/6TSC	10.75	9	10.5	1.625	3	4.75	1.88	0.38	4	13NC 1/2"
324/6TC	12.75	11	12.5	2.125	5	5.25	3.88	0.5	4	11NC 5/8"
324/6TSC	12.75	11	12.5	1.875	3.5	5.25	2	0.5	4	11NC 5/8"
364/5TC	12.75	11	12.5	2.375	5.62	5.88	4.25	0.625	8	11NC 5/8"
364/5TSC	12.75	11	12.5	1.875	3.5	5.88	2	0.5	8	11NC 5/8"
404/5TC	13.5	11	12.5	2.875	7	6.625	5.62	0.75	8	11NC 5/8"
404/5TSC	13.5	11	12.5	2.125	4	6.625	2.75	0.5	8	11NC 5/8"
444/5TC	16.62	14	16	3.375	8.25	7.5	6.88	0.875	8	11NC 5/8"
444/5TSC	16.62	14	16	2.375	4.5	7.5	3	0.625	8	11NC 5/8"
447TC	16.62	14	16	3.375	8.25	7.5	6.88	0.875	8	11NC 5/8"
447TSC	16.62	14	16	2.375	4.5	7.5	3	0.625	8	11NC 5/8"
449TC	16.62	14	16	3.375	8.25	7.5	6.88	0.875	8	11NC 5/8"
449TSC	16.62	14	16	2.375	4.5	7.5	3	0.625	8	11NC 5/8"



Vista lateral y frontal del motor.

### **Motor de inducción de rotor devanado.**

El rotor de un motor devanado se arrolla con un devanado aislado similar al devanado del estator. Los devanados de las fases del rotor se conectan a los tres anillos colectores montados en el eje del motor. El devanado del rotor no se conecta a la fuente. Los anillos colectores y las escobillas solo proporcionan la manera de conectar un reóstato extremo en el circuito del rotor. El reóstato sirve para controlar la velocidad del motor. Estos motores se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo, hasta varios miles de caballos. Tienen una característica de velocidad sensiblemente constante y una característica de velocidad sensiblemente constante y una característica de par que varía ampliamente según los diseños.

Hay motores trifásicos que poseen un elevado par de arranque, los hay de conexión tipo estrella; otros en cambio lo poseen reducido, a los de conexión delta se les construye para prácticamente todas las tensiones y frecuencias de servicio normalizadas y muy a menudo están equipadas para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

Las bobinas alojadas en las ranuras estatóricas están conectadas de modo que formen tres arrollamientos independientes iguales, llamados fases: Dichos arrollamientos están distribuidos y unidos entre sí de tal manera que, al aplicar a sus terminales la tensión de red de alimentación trifásica, se genera en el interior del estator un campo magnético giratorio que arrastra el rotor y lo obliga a girar a determinada velocidad.

### **Motor síncrono.**

Un motor síncrono es un alterno-motor cuyo rotor gira en el sincronismo con el campo magnético rotatorio creado por el arrollamiento del estator. Así el campo giratorio estatórico se desplaza a razón de una velocidad fija, el rotor de dicho motor girará también a esta velocidad.

En el motor usual de inducción y en el síncrono el rotor debe girar ligeramente por debajo de la velocidad síncrona para que exista un desplazamiento relativo entre las barras de la jaula de ardilla y el campo inductor rotatorio, sin el cual no habría cortes de líneas de fuerza ni tensión inducida: la diferencia porcentual (referida a la velocidad síncrona) entre esta y la velocidad real del rotor se llama deslizamiento. El deslizamiento de un motor síncrono es nulo. Los motores síncronos se construyen en potencias comprendidas que van de 50 HP hasta 10, 000 H.P., y se utilizan en todas las aplicaciones que requieren de una velocidad constante. En muchos casos se emplean también para mejorar el factor de potencia en la red eléctrica en las centrales de distribución y en fábricas. También se fabrican motores síncronos pequeños, pero difieren un poco en su construcción con los grandes.

### **Funcionamiento del motor síncrono.**

Al cerrar el interruptor de línea y circular corriente por el arrollamiento estático, se forma en el motor un campo magnético giratorio, que induce una corriente en la jaula de ardilla; el campo rotatorio reacciona entonces con el estático y se produce un par que hace que el motor arranque. La velocidad de este va aumentando poco a poco hasta llegar casi a la de sincronismo: en este momento, se excitan las bobinas inductoras del rotor con corriente continua, quedando así formados sobre estos unos polos magnéticos definidos que tienden a situarse frente a los giratorios del estator de nombre contrario. Con ello se incrementa la velocidad del rotor hasta alcanzar la de sincronismo.

Cuando el motor síncrono se emplea para corregir el factor de potencia en una red de corriente alterna, se sobreexcitan los arrollamientos del rotor; esto hace que el motor absorba una gran corriente de avance de fase. Así se corrige el desfase en retraso propio de las redes donde van conectados muchos motores de inducción.

La corriente adelantada absorbe el motor síncrono sobreexcitado, compensa la corriente atrasada que toman los motores asíncronos, el empleo con esta finalidad recibe el nombre de condensador asíncrono.

### **Motor de alta eficiencia.**

Como ya hemos visto el motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica giratoria. Cuando ocurre esto se manifiesta en la única potencia consumida por el motor eléctrico y que ocasiona pérdidas eléctricas y mecánicas dentro del motor.

El resto de la energía es transferida como energía mecánica a las bombas, ventiladores, bandas transportadoras, etc.

Algunos usuarios de motores e industriales fabricantes, al comprar consideran en primer lugar el costo más bajo del motor sin considerar la importancia de las características propias de cada motor, como son: El factor de potencia y la eficiencia y demás datos de placa, en muchos libros de texto y manuales de motores eléctricos se discuten con gran detalle las características de diseño y comportamiento de los motores eléctricos y las características de las diferentes cargas del motor y el cómo adecuar el motor a los requerimientos de la carga. Sin embargo no se toman en cuenta al remplazar, cambiar o al comprar un motor que se adecue a nuestras necesidades y son tan importantes, la eficiencia, el factor de potencia, costo de la energía y duración del motor en prolongadas jornadas de trabajo, como factores principales en la selección de un motor eléctrico en muchas aplicaciones. Los motores modernos son fabricados con gran precisión, al utilizar sistemas computarizados de diseño de materiales de alta calidad y la más moderna tecnología de manufactura.

### **Calificación de los motores eléctricos de uso general por su potencia.**

Aunque hay diversos modos de calificar o designar un motor eléctrico, lo usual es hacerlo de acuerdo a su potencia de calificación o nominal (potencia para la cual ha sido diseñado y construido). Como ejemplo se puede hablar de un motor de “un décimo de caballo” de potencia nominal.

Hasta aquí se ha hablado de motores de varios caballos de fuerza, pero no todos sabemos a lo que nos referimos cuando hablamos de ello resulta conveniente en este momento dar una definición al respecto.

Un caballo de fuerza (HP Horse Power) es una unidad de potencia mecánica que se usa en el sistema inglés técnico, que se considero igual a la desarrollada por un caballo de cierta pujanza durante un corto periodo de tiempo. Fue empleada inicialmente por James Watt en sus inventos de la primera máquina de vapor moderna, para comparar esta y competir directamente con la fuerza animal (caballos) utilizada en su época en las minas. Se le define como igual numéricamente a un trabajo de 550 ft-lb por segundo (potencia = trabajo realizado por unidad de tiempo).

En los países que utilizan el sistema métrico técnico, se usa el caballo de vapor (CV). (Cheval-Vapeur), que es igual a 75 kilogra-metros por segundo. Su relación con el anterior es 1 CV = 0.9863 HP. La equivalencia en Watts es como sigue:

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ Watt y } 1 \text{ HP} = 746 \text{ Watt.}$$

La potencia mecánica de un motor depende de dos cosas, su par motor o de rotación (esfuerzo de giro que desarrolla y su velocidad angular o de giro). La fórmula general para obtenerla es:

$$P = M \times \frac{4\pi \times N \text{rev}}{60} = 0.105 M$$

Donde P es la potencia, M el par de rotación y N la velocidad en revoluciones o vueltas por minuto (RPM). Si M esta en metros-kilogramo(o en libras –pie), P resultara en kilogramos por segundo en pies-libra por segundo). Para obtener P en caballos de vapor o de fuerza la fórmula es.

$$P = 0.105 \text{ KMN} \quad (\text{en CV o bien en HP}).$$

Todo motor es capaz de soportar una carga superior a su capacidad o potencia nominal, al menos un corto tiempo. Un motor de 1/2HP no se parara si le aplicamos una carga ligeramente mayor que tal valor. Cabría él preguntarnos que impediría a un fabricante de motores calificar un motor como de 1/15 HP si este debía ser de 1/20 HP.

Para evitar que se asignen potencias arbitrariamente se han establecido ciertas normas por la National Electrical Manufacturers Association (nema o asociación nacional de fabricantes de equipo eléctrico de los E.E .U.U). Los motores de uso general deben diseñarse de modo que la elevación de temperatura de un motor ventilado que lleva su carga normal no exceda de 40 ° C. Tal elevación se basa en una temperatura ambiente no mayor de 40 ° C siendo constantes la tensión aplicada y la frecuencia.

Aun sin la norma NEMA, el aumento de temperatura sería de todos modos un factor automático de limitación. Si la temperatura de los devanados de un motor excede ciertos límites, su aislamiento se deteriorara o se quemara. Por lo tanto, el principal efecto de la norma NEMA es estandarizar la calificación de motores de manera que un comprador sepa lo que puede esperar de él.

Los motores de servicio constante, diseñados para trabajar continuamente, alcanzan su temperatura máxima en dos o tres horas. El mismo motor funcionando de manera discontinua, se enfriara durante los periodos de inactividad y no llegara a alcanzar el máximo de temperatura. Los motores de servicio intermitente por tanto pueden calificarse con una potencia nominal mayor que los de servicio constante. Están limitados por la misma elevación de temperatura, pero alcanzan el valor crítico en un tiempo más corto. Cuando se sabe por ejemplo que un motor no trabajara más de 30 min. Cada vez, teniendo un tiempo libre suficiente para enfriarse, podrá designarse para una capacidad mayor que si fuera para servicio constante.

El tipo de armazón también influye en la capacidad o potencia nominal de un motor. Las armazones totalmente cerradas se usan para impedir la entrada de suciedad, polvo o gases nocivos. En los motores de esta clase el calor desarrollado no se disipa tan rápidamente como en los de armazón abierta. En consecuencia la NEMA permite una elevación de temperatura de 55 ° C (o sea 90 °F) en los motores totalmente cerrados.

Las velocidades estándares también han sido recomendadas por la NEMA. En motores de velocidad constante son 1140, 1725 y 3450 RPM. En motores es preferible a veces la de 1725 RPM. Los voltajes estándares en uso son 115 y 230 V para una fase y 220 V para tres fases. La frecuencia estándar casi de uso universal es 60 Hz.

Aunque dos motores sean de la misma calificación o capacidad, el par de rotación que desarrollen en el arranque, durante su aceleración o durante su marcha normal pueden ser diferentes. Para impedir que haya grandes diferencias, la NEMA ha recomendado algunos valores mínimos de par motor para un tipo dado de motor de uso general de cierta potencia.

Otra importante limitación es la intensidad nominal de corriente a rotor bloqueado (o agarrotado). Para evitar fluctuaciones indebidas de voltaje de distribución, la mayor parte de las empresas de energía eléctrica no admiten motores de 1/6 HP. o menos que tomen una corriente a rotor bloqueado mayor de 20 a 115 V. Esto está de acuerdo con las normas NEMA.

A veces los fabricantes construyen motores para los que no hay normas, especialmente de baja capacidad. En estos casos, los fabricantes adoptan el procedimiento a seguir tan cerca como sea posible a las normas para las potencias nominales enlistadas.

Hasta aquí se dio una breve descripción de la calificación de los motores de uso general. Y además, se ha mencionado que las normas NEMA han establecido ciertos requisitos límites para la elevación de temperatura, velocidad, par de rotación, rendimiento, eficiencia y F.P. de motores de potencia fraccionaria para uso general.

Tabla de Características técnicas del motor

HP	RPM síncrona	RPM asíncrona	Armazón	Corriente (A)			Letra de código	Eficiencia nominal %			Factor de potencia %			Par			Conexión
				en vacío	plena carga	arranque		1/2	3/4	plena carga	1/2	3/4	plena carga	Nom. lb-pie	Rotor Bloq. %	Máx. %	
40	3600	3530	324TS	13	47	303	G	94.0	94.1	93.6	80	87	89	60	150	250	D
	1800	1770	324T	16	49	303	G	94.0	94.2	93.6	77	82	76	119	190	240	D
	1200	1180	364T	25	54	303	G	93.6	93.9	93.6	59	71	62	178	170	230	D
50	900	885	365T	38	66	303	G	90.7	92.0	91.7	49	60	65	237	150	200	D
	3600	3530	326TS	16	58	380	G	94.1	94.2	93.6	82	89	91	74	150	250	D
	1800	1770	326T	19	61	380	G	94.1	94.2	93.6	77	84	86	148	190	240	D
60	1200	1180	365T	31	69	380	G	94.0	94.2	93.6	60	71	76	223	170	230	D
	900	885	404T	29	70	380	G	92.3	92.4	91.7	64	73	76	297	140	200	D
	3600	3565	364TS	20	71	455	G	93.8	94.1	93.6	80	86	88	89	160	250	D
75	1800	1775	364T	22	74	455	G	93.9	94.1	93.6	74	82	85	178	160	240	D
	1200	1185	404T	27	77	455	G	94.1	94.5	94.1	70	78	81	266	150	200	D
	900	885	405T	31	82	455	G	92.3	92.4	91.7	67	76	79	356	140	200	D
100	3600	3565	365TS	23	89	568	G	94.3	94.5	94.1	81	86	88	111	160	260	D
	1800	1775	365T	28	91	568	G	94.4	94.6	94.1	74	83	85	222	155	240	D
	1200	1185	405T	36	97	568	G	85.8	94.9	94.5	68	77	80	332	150	200	D
125	900	885	444T	39	98	568	G	82.5	93.3	93.0	67	76	80	445	135	200	D
	3600	3570	405TS	20	113	758	G	94.6	94.7	94.1	90	92	92	147	120	200	D
	1800	1780	405T	31	118	758	G	95.0	95.2	94.5	80	85	87	295	160	200	D
150	1200	1185	444T	40	122	758	G	94.6	94.9	94.5	75	82	85	443	140	200	D
	900	885	445T	50	129	758	G	94.2	94.5	94.1	70	78	81	593	130	200	D
	3600	3575	444TS	33	144	949	G	94.0	94.6	94.5	85	89	90	184	120	200	D
200	1800	1785	444T	44	150	949	G	95.1	95.3	95.0	78	84	86	368	160	200	D
	1200	1185	445T	46	151	949	G	94.7	94.9	94.5	77	84	86	554	140	200	D
	900	885	447T	56	159	949	G	94.1	94.2	93.6	70	79	82	742	130	200	D
250	3600	3575	445TS	39	171	1134	G	94.8	95.2	95.0	84	89	90	220	120	200	D
	1800	1785	445T	47	178	1134	G	95.7	96.0	95.8	80	85	86	441	150	200	D
	1200	1185	447T	47	178	1134	G	95.4	95.6	95.0	81	86	87	665	125	200	D
300	900	885	447T	75	194	1134	G	94.1	94.5	94.1	67	76	80	890	130	200	D
	3600	3575	447TS	42	226	1516	G	94.9	95.2	95.0	88	90	91	294	120	200	D
	1800	1785	447T	63	235	1516	G	96.0	96.1	95.8	81	86	87	588	150	200	D
350	1200	1185	449T	58	236	1516	G	95.4	95.5	95.0	82	86	87	886	125	200	D
	900	885	449T	106	252	1516	G	94.8	94.9	94.5	71	79	82	1186	125	200	D
	250	3600	3575	449TS	47	279	1908	G	95.3	95.6	95.4	90	92	92	368	120	200
400	1800	1785	449T	82	294	1908	G	95.8	96.0	95.8	80	85	87	735	140	180	D
	1200	1185	449T	78	293	1908	G	95.5	95.5	95.0	82	87	88	1108	120	200	D
	900	885	S449LS	116	317	1908	G	94.5	94.8	94.5	70	78	82	1483	105	200	D
450	3600	3575	449TS	71	338	2300	G	95.2	95.8	95.8	86	90	91	441	100	200	D
	1800	1785	449T	115	362	2300	G	95.0	95.5	95.4	76	83	85	882	120	200	D
	1200	1185	S449LS	94	351	2300	G	95.5	95.5	95.0	82	87	88	1329	105	200	D
500	3600	3575	S449SS	70	386	2666	G	95.4	95.7	95.4	90	92	93	515	80	200	D
	1800	1785	S449LS	120	408	2666	G	95.5	95.9	95.8	79	86	88	109	100	200	D
	1200	1185	S449LS	139	413	2666	G	95.2	95.3	95.0	77	84	87	1551	100	200	D
550	3600	3570	S449SS	84	437	3032	G	94.2	95.6	95.4	90	93	94	588	80	200	D
	1800	1785	S449LS	144	469	3232	G	95.7	96.0	95.8	79	85	87	1176	100	200	D

## Tipos de carcasa.

La carcasa del motor constituye el soporte mecánico para las diversas partes del motor. También protege las partes móviles de influencias exteriores, tales como polvo, suciedad y agua. La mayor parte de las carcasas de los motores constan de tres partes: una cubierta de campos y dos tapas.

La carcasa también constituye el soporte externo del motor; tiene varios accesorios para montar el motor y está construido en formas especiales a fin de que resista más bien las partes activas del motor y queden protegidas contra los diversos ambientes donde habrá de usarse este.

Los diferentes tipos de carcasa, tal como lo define la N.E.M.A. (National Electrical Manufacturer Association), Son las siguientes:

**Hermético.-** Hermético al agua y al polvo, etc., cuando está construido de forma que la carcasa excluya el material o condiciones especificado.

**A prueba de.-** A prueba de salpicaduras, de polvo, etc., cuando este construida, protegida o tratada de manera que su funcionamiento no sea interferido cuando este sujeto al material o condiciones especificadas.

**Resistente.-** Resistente a la humedad, humo, etc., cuando esté construido, protegido o tratado de forma que no se vea dañado cuando este sujeto al material especificado.

**Máquina con ventilación propia.-** Máquina cuyo aire de ventilación circula por medios integrados en la máquina

**Máquina con ventilación independiente.-** Máquina cuyo aire de ventilación esta proporcionado por un ventilador independiente o externo a la máquina.

**Máquina abierta.-** Máquina con ventilación propia que no tiene otra restricción a la ventilación que la necesaria para su construcción mecánica.

En el sentido de esta definición se comprende que una máquina abierta cuando se usa el término sin más calificación, no es a prueba de salpicaduras ni gotas.

**Máquina a prueba de goteo.-** Máquina en la cual las aberturas de ventilación están construidas de forma que los líquidos vertidos o las partículas sólidas caen sobre la máquina con un ángulo no mayor de 15 ° de la vertical, no pueden entrar en la máquina ya sea directamente o golpeando y corriendo a lo largo de una superficie horizontal o inclinada hacia adentro.

**Máquina aprueba de salpicaduras.-**Máquina en la cual las aberturas de ventilación están construidas de forma que las gotas de liquido o partículas sólidas que caen sobre la máquina, ya sea directamente o bien golpeando y corriendo a lo largo de la superficie.

**Máquina totalmente cerrada.-** Máquina cerrada de tal forma que impide el cambio de aire entre el interior y el exterior de la carcasa pero no tan cerrada como para considerarse hermética al aire.

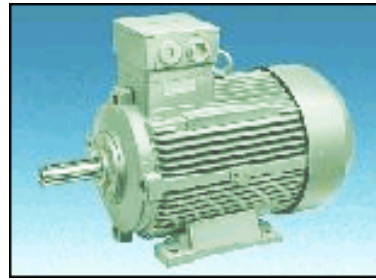


**Máquina totalmente cerrada y refrigerada por un ventilador.-** Máquina cerrada totalmente y equipada para su refrigeración exterior con un ventilador o ventiladores, integrados en la máquina, pero externos a las partes encerradas por la carcasa.

**Máquina a prueba de explosión.-** Máquina en una caja cerrada que está diseñada y construida para resistir una explosión de un gas o polvo especificado, que pueda ocurrir dentro de ella y para evitar la ignición del gas o polvo, que por chispas, descargas o explosiones, pueda ocurrir dentro de la carcasa.



Motor de seguridad aumentada.



Motor a prueba de explosión

Estos motores son muy robustos. Pueden funcionar aún en los ambientes más agresivos y cumplir con los más duros requerimientos de seguridad, a prueba de explosión, como las industrias química, petrolera y gasífera.

**Máquina a prueba de agua.-** Máquina totalmente cerrada construida de forma que expulse el agua aplicada sobre ella en forma de chorro.

**Máquina totalmente cerrada.-** Máquina construida de tal forma que un chorro de agua (de diámetro no inferior a una pulgada) bajo una cabeza de 35 pies y desde una distancia aproximada a 10 pies se pueda arrojar sobre la maquina sin pérdida alguna, excepto la perdida que pueda producirse alrededor del eje y que se considera admisible dado que no puede entrar en él deposito de aceite y que existe un mecanismo para el secado automático de la máquina.

**Máquina hermética al polvo.-** Máquina construida de tal forma que la carcasa excluya al polvo

En las figuras anteriores se muestran los dos tipos de motores herméticamente cerrados que pueden trabajar en ambientes sucios o contaminados por partículas diversas, que pudieran ser de aceite, arenilla mezclada con aceite, melaza de dulce por ejemplo, de lodos, agua, solventes, polvos de diferentes sustancias(piedra, vidrio, fibra de vidrio, lodos; es decir diversas mezclas de materiales.

Con estos motores se debe de tener cuidado al darles mantenimiento porque cada vez que se abren se debe renovar todos los sellos de seguridad que impiden el ingreso de alguna sustancia al interior del motor



## **CAPITULO 3.**

### **DESCRIPCION DEL PROBLEMA.**

Las máquinas eléctricas al igual que otros equipos eléctricos de uso frecuente están garantizados en su vida útil de funcionamiento por una cantidad limitada de tiempo únicamente. Dentro de esta garantía es posible que ocurran averías en el equipo por diversas cuestiones; por ejemplo variaciones de voltaje, operación con cargas excesivas que sobrepasan las especificadas de fabricación, lo cual disminuye en gran medida su vida útil, debido al desgaste de sus piezas.

Además existen componentes e instrumentos externos de un motor que influyen directamente e indirectamente el buen funcionamiento de las máquinas eléctricas. Estos pueden ser por ejemplo: los fusibles, los interruptores termomagnéticos, los inversores en los motores de corriente directa, disyuntores, temporizadores, variadores, rectificadores o algún componente que se encuentre dentro de los CCM'S (centro de control de motores).

Otros instrumentos que frecuentemente ocasionan fallas en las máquinas eléctricas son los arrancadores, ya que en ellos se recibe primeramente las grandes cantidades de energía eléctrica que hacen funcionar a los motores. Existe una amplia gama de arrancadores para los diferentes tipos de corriente que existen, de diversos tamaños, así como modelos que dependen mucho de las características de los equipos donde se han de utilizar.

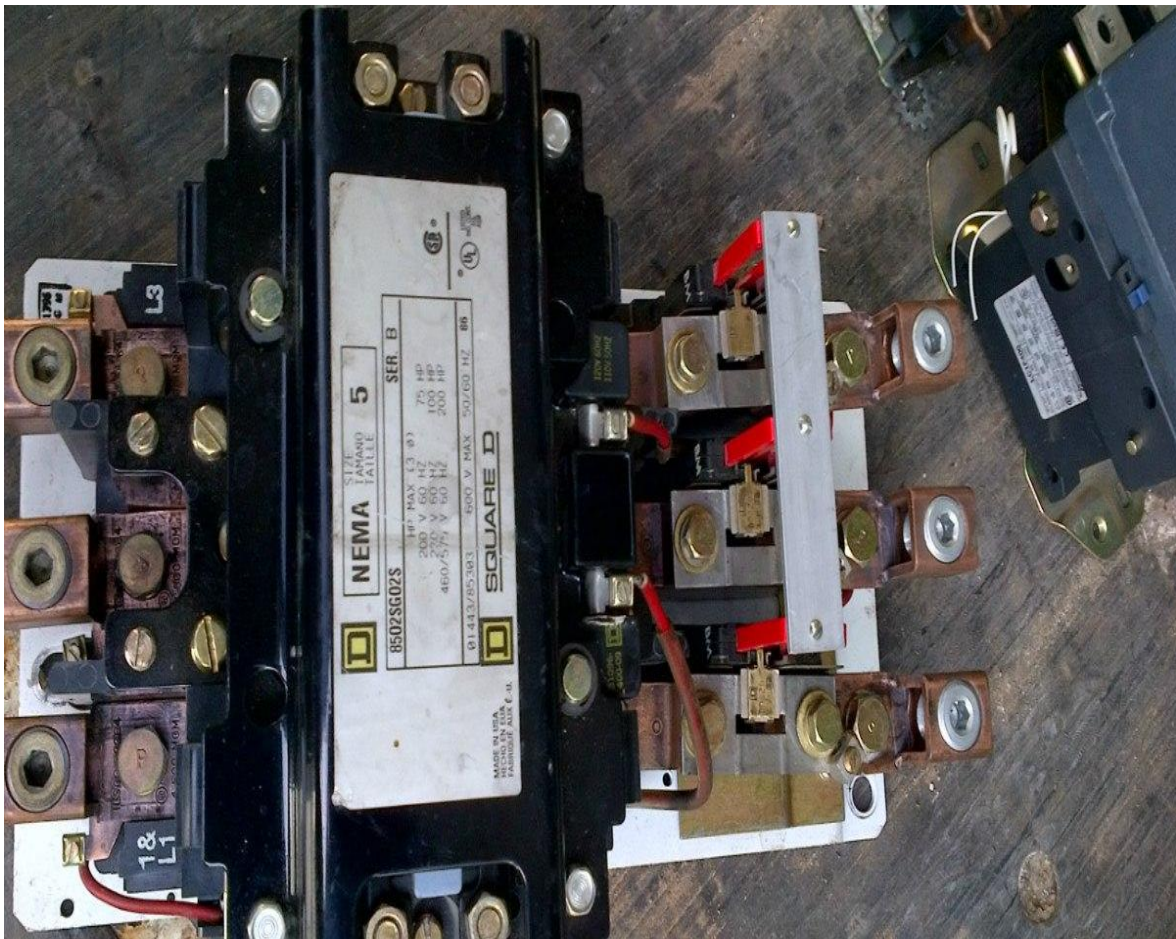
El fabricante se responsabiliza de la garantía, solo cuando se respeten las condiciones de funcionamiento y operación que se consideren normales y se compromete a dar el mantenimiento respectivo y en su caso cambiar la máquina o el equipo completo por uno nuevo. Una vez concluido el período de garantía es responsabilidad del usuario el buen o mal funcionamiento de los motores y dependerá de él, el mantenimiento de la máquina y será responsable del deterioro en sus partes y de los problemas eléctricos que ahora se presenten y que repercutan en desperfectos. Cuando esto ocurra será necesario tener conocimiento sobre algunas averías frecuentes en las máquinas eléctricas, tanto de corriente directa, como de corriente alterna. También convendrá tener conocimiento sobre el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas para la solución de las fallas que se puedan presentar, para que en su caso se puedan solucionar con la mayor brevedad de tiempo posible.

En ocasiones se requiere reemplazar un motor. Debido a que las fallas en este se presentan ya con mayor frecuencia, y después de varias ocasiones de ser llevado a mantenimiento la máquina funciona bien por un lapso de tiempo corto, requiriendo nuevamente su mantenimiento debido a que en su funcionamiento presenta nuevamente fallas que no se perciben fácilmente y que repercuten en el mal funcionamiento de toda la máquina o equipo al cual está integrado el motor. Algunas veces se reemplaza debido a que se le va aplicar una carga mayor y se necesita que este sea de mayor potencia, menor número de revoluciones por minuto, menor tamaño; pues se requiere hacer algún cambio en las máquinas por

razones de espacio y para que funcionen sin problemas. También se hace necesario el remplazo cuando estos han envejecido en sus partes críticas y después de un largo periodo de tiempo no se encuentran ya comercialmente algunas de sus piezas gastadas y se adaptan otras piezas que modifican su funcionamiento y repercuten en ocasiones a la larga en el deterioro total del sistema del que forman parte, ya que provocan en ocasiones un mayor desgaste de las demás piezas.

Se espera que la sección de reparación de las averías que se presentan con mayor frecuencia tanto en los arrancadores, como en los motores eléctricos incluida, y el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas eléctricas en general tenga cierta utilidad para la realización de las tareas de reparación.

Finalmente se espera que el presente trabajo sea de utilidad general en la reparación de averías en todo tipo de máquinas eléctricas cuando estas se presenten.



Arrancador marca Square D trifásico para arrancar un motor a tensión plena.

## Capítulo 4.

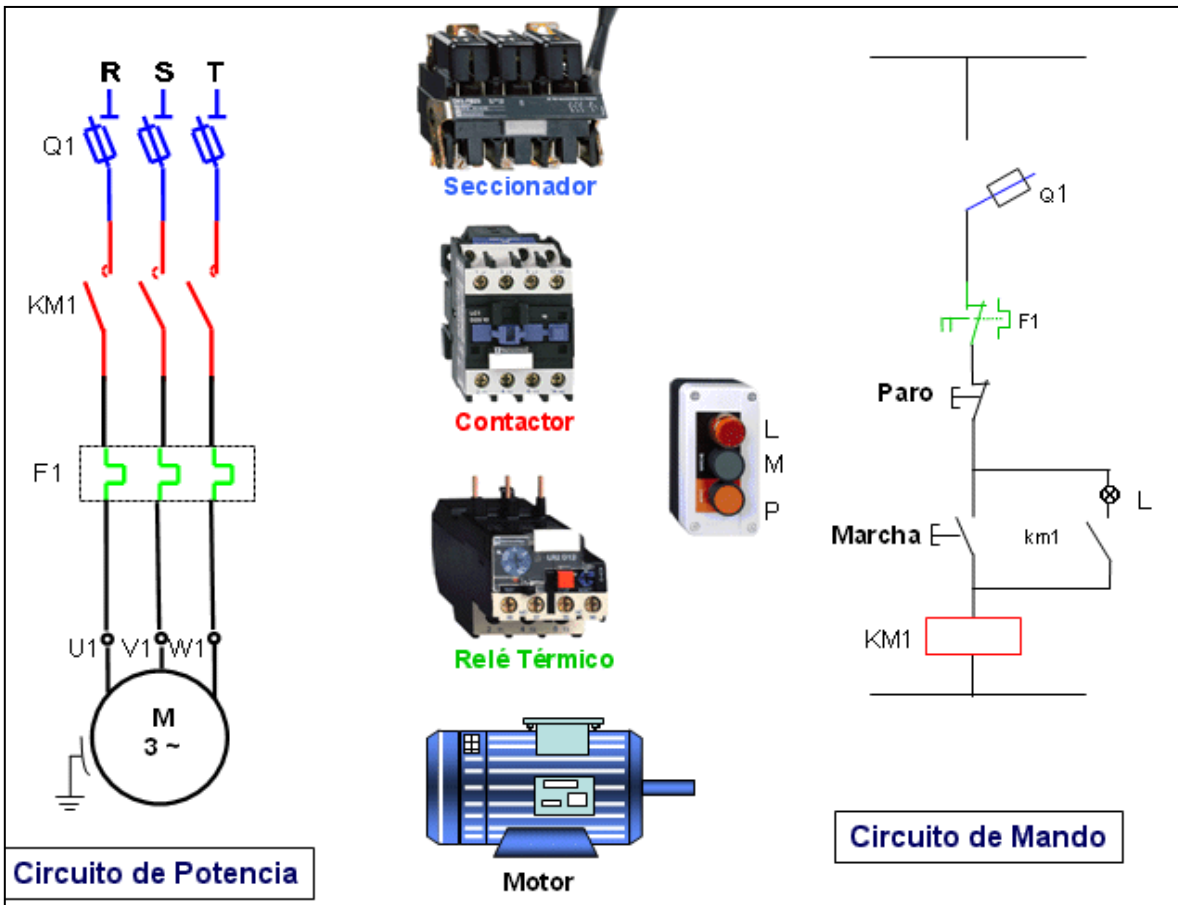
### ARRANCADORES PARA MOTORES ELECTRICOS.

#### Sistemas de arranque aplicables a un motor.

El problema del arranque del motor se refiere a las limitaciones que se presentan debidas a la capacidad de la fuente alimentadora, tales como caídas de tensión permisibles en el sistema al aplicar la corriente de arranque del motor y la capacidad momentánea en KVA que requiere para este mismo objeto.

Para arrancar motores existen diversas maneras, algunas de las cuales se realizan mediante un simple switch de uno, dos o tres polos en el caso de bifásicos o trifásicos según sea el caso, estos pueden contar o no con fusibles para su protección. Estos no son tan necesarios en potencias pequeñas Pero en motores que sobrepasen potencias de 3 caballos son muy necesarias las protecciones que se puedan anexar a los motores y los equipos en general que consuman grandes potencias de energía.

#### Arranque directo de motores.







En la foto se muestran los productos de control y protección de motores. Su función básica consiste en establecer o interrumpir la alimentación de los motores eléctricos asíncronos jaula de ardilla. Los equipos de control de potencia destinados a controlarlos, normalmente llamados arrancadores, realizan las funciones de seccionamiento, protección y conmutación.

El arrancador está equipado con un control local, pero como éste puede resultar inaccesible, se puede disponer de un control complementario a distancia

### **Cálculo de protecciones.**

Para efectuar el cálculo de las protecciones se utiliza la corriente nominal o a plena carga la cual puede ser calculada o tomada directamente de las tablas que proporcionan los proveedores y se aplican las siguientes ecuaciones.



### **Cálculo de la corriente de protección con fusibles:**

$$I_F = k * X * I_N$$

Donde:

$I_F$  = corriente de protección de los fusibles

$K$  = constante de protección la cual se toma en el rango de 1.8 a 2.1

$I_N$  = corriente nominal o a plena carga

### **Cálculo de la corriente de protección**

$$I_P = C * X * I_N$$

Donde:

$I_P$  = corriente de protección

$C$  = constante de protección la cual se toma en el rango de 2 a 3

$I_N$  = corriente nominal o a plena carga

Las constantes.  $K$  y  $C$  Se toman en porcentaje.

Los valores de  $I_F$  y  $I_P$  Se deben aproximar al valor inmediato superior comercial que se fabrique.

### **Ejemplo de cálculo de protecciones:**

En una instalación eléctrica se debe instalar un motor monofásico de 3/4 de H.P. él cual se conecta a una tensión de 220 volts. Sé desea saber la magnitud de las protecciones que se deben utilizar en un interruptor de fusibles y en un interruptor termo magnético.

#### **DATOS.**

E = 220 volts

P = 3/4 H.P.

#### **Cálculo de la protección con fusibles**

$I_P$  = ?

La corriente nominal se puede obtener de la tabla para hacer una comparación al final de cada cálculo.

$I_F$  = ?

$$I_F = K * X * I_N$$

$$I_F = 1.8 * 3.2$$

$I_F = 5.76A$  por lo que se busca el valor Comerciales de **6 A**

### Cálculo de la protección del interruptor termo magnético

$$I_p = C \times I_N$$

$$I_p = 2.5 \times 3.2$$

$$I_p = 8 \text{ A}$$

el valor comercial del Interruptor es de **10 A**

HP	KW	I	FUS	PROT	I	FUS	PROT	I	FUS	PRO
		115	115	115	220	220	220	440	440	440
1/6	0.12	4.4	8	16						
1/4	0.19	5.8	10	16						
1/3	0.25	7.2	16	20						
1/2	0.37	9.8	20	25	2.2	4	6	1.1	2	4
3/4	0.56	13.8	25	40	3.2	6	10	1.6	4	4
1	0.75	16	32	40	4.2	8	10	2.1	4	6
1.5	1.12	20	40	50	6	10	16	3	6	10
2	1.49	24	50	63	6.8	16	20	3.4	6	10
3	2.24	34	63	82	9.6	20	25	4.8	8	16
5	3.73	56	100	150	15.2	32	40	7.6	16	20
7.5	5.60	80	160	200	22	40	63	11	20	32
10	7.46	100	200	250	28	50	80	14	25	40
15	11.2	131	250	350	42	80	125	21	40	63
20	14.9				54	100	150	27	50	82
25	18.7				68	125	175	34	63	100
30	22.4				80	160	200	40	80	100
40	29.8				104	200	300	52	100	150
50	37.3				130	250	300	65	125	175



La tabla anterior nos proporciona la corriente que consume un motor en las tensiones de 115, 220 y 440 volts así como la protección que debe utilizar ya sea utilizando un fusible o un interruptor termo-magnético, los cuales se pueden calcular de la siguiente forma:

**Corriente para un motor monofásico o de 115 v:**

$$I_p = P / E \text{ COS } \theta \text{ N}$$

Donde el significado de cada una de las literales es:

**I<sub>p</sub>**= Corriente nominal o a plena carga que consume un motor (AMPERS)

**P**= Potencia que desarrolla un motor (WATTS O KILOWATTS)

**E**= Tensión a la que se conecta el motor (VOLTS)

**COS θ**= Factor de potencia

**N**= Rendimiento del motor

**La corriente para un motor trifásico conectado a 220 o 440 Volts**

$$I_p = P / \sqrt{3} \text{ E COS } \theta \text{ N}$$

**EJEMPLO 1:**

Determinar la corriente que consume un motor monofásico el cual está conectado a una fuente de alimentación de 115 volts y tiene una potencia de 1/2 H.P. el cual tiene un factor de potencia de 0.6 en atraso y un rendimiento de 55%.

**DATOS**

MOTOR MONOFASICO

CÁLCULO DE LA CORRIENTE

**I<sub>p</sub>**= ?

**E**= 115 VOLTS

$$I_p = P / E \text{ COS } \theta \text{ N}$$

**P**= 1/2 H.P. = 370 WATTS

$$I_p = 370 / 115 * 0.6 * 0.55$$

**COS θ**= 0.6

**N**= 0.55

**I<sub>p</sub>** = 9.74 AMPERS

Como podemos observar el resultado es muy semejante al de la tabla anterior para un motor de 1/2 H.P y tensión de 115 volts.

**EJEMPLO 2.**

Calcular la corriente que consume un motor trifásico que se conectada a una tensión de 220 volts, el cual tiene los siguientes datos de placa: potencia 5 H.P.; factor de potencia 0.65 en atraso y rendimiento de 50%

**DATOS**

MOTOR TRIFASICO

 $I_p = ?$ 

E= 220

F.P.= 0.80

N= 0.80

P= 3.73 KW = 5 H.P.

 $I_p = 15.29$  AMPERS**CÁLCULO DE LA CORRIENTE**

$$I_p = P / \sqrt{3} E \text{ COS } \theta N$$

$$I_p = 3730 / 1.732 * 220 * 0.8 * 0.85$$

Debemos comparar el resultado con el de la tabla y podemos observar que es muy semejante al de un motor trifásico de 5h.p. y tensión de 220 volts.

# SIMBOLOS ESTANDAR UTILIZADOS EN DIAGRAMAS LINEALES

Los símbolos mostrados fueron establecidos por N.E.M.A. y adoptados por SQUARE D de MEXICO, S. A.

I N T E R R U P T O R E S																							
DESCONECTOR DE NAVAJAS		DESCONECTOR MOLDEADO		MOLDEADO C/ELEM. TERMICO		MOLDEADO C/ELEM. MAGNETICO		MOLDEADO TERMOMAGNETICO		DE LIMITE		DE PIE											
										NORMAL- MENTE ABIERTO	NORMAL- MENTE CERRADO	N. O.	N. C.										
DE PRESION Y VACIO		NIVEL DE LIQUIDO (FLOTADOR):				ACTUADO POR TEMPERATURA				DE FLUJO (AIRE, AGUA, ETC.)													
N. O.		N. C.		N. O.		N. C.		N. O.		N. C.		N. O.		N. C.									
DE VELOCIDAD P/REFRENADO		EN REPOSO DE VEL. P/ARR.		S E L E C T O R E S																			
ADELANTE		ADELANTE		ADELANTE		2 POSICIONES				3 POSICIONES				2 POSICIONES BOTON DE OPRIMIR									
						1.- CONTACTO CERRADO				1.- CONTACTO CERRADO				1.- CONTACTO CERRADO									
B O T O N E S												LAMPARAS PILOTO											
CONTACTO MOMENTANEO						CONTACTO MANTENIDO				ILUMINADO	LA LETRA INDICA EL COLOR												
UN CIRCUITO			DOBLE CIRCUITO			CABEZA TIPO HONGO		DOS DE UN CIRCUITO		UN DOBLE CIRCUITO			ESTANDAR		OPRIMIR P/PRUEBA								
N. O.			N. C.			N. O. Y N. C.																	
C O N T A C T O S												BOBINAS		RELEVADORES DE SOBRECARGA		INDUCTOR.							
OPERACION INSTANTANEA				DE TIEMPO, LA ACCION DEL CONTACTO ES RETARDADA DESPUES QUE LA BOBINA ES:								DERIVADO	SERIE	TERMICO	MAGNETICO	NUC. DE FIERRO							
CON SUPRESOR		SIN SUPRESOR		ENERGIZADA		DESENERGIZADA																	
N. O.		N. C.		N. O. T. C.		N. C. T. O.		N. O. T. O.		N. C. T. C.													
TRANSFORMADORES				MOTORES C. A.				MOTORES C. D.															
AUTO.		N. FIERRO		N. AIRE		CORR.		DOBLE VOLTAJE		UNA FASE	3 FASES	2 FASES 4 HILOS	ROTOR DEV	ARMA DURA	CAMPO DERIVADO	CAMPO SERIE	CAMPO MIXTO						
																		MUESTRE 4 ONDAS		MUESTRE 3 ONDAS		MUESTRE 2 ONDAS	

## SIMBOLOS ESTANDAR UTILIZADOS EN DIAGRAMAS LÍNEALES.

ALAMBRADO					CONEXIONES	RESISTENCIAS			CAPACITORES			
NO CONECTADO	CONECTADO	FUERZA	CONTROL	TERMINAL	MECANICA	FIJA	AJUSTABLE CON DERIVACIONES	REOSTATO, POT. O DER. AJUSTABLE	FIJO	VARIABLE		
				0	-----							
				TIERRA	BLOQUEO MECANICO							
					-----X-----	ELEMENTO CALENTADOR						
ANUNCIADOR	CAMPANA	ZUMBADOR	CORNETA, SIRENA, ETC.	INST. MEDICION	DERIVADOR PARA MEDICION	RECTIFICA-DOR DE ME-DIA ONDA	RECTIFICA-DOR DE ONDA COMPLETA	BATERIA	FUSIBLE	TERMOPAR		
				TIPO INDICADO POR LETRAS								
				VM				DE POTENCIA O CONTROL				
				AM								
TUBO IGNITRON	SEMICONDUCTORES											
	Diodo	Diodo TUNEL	Diodo ZENER UNIDIRECCIONAL	Diodo ZENER BIDIRECCIONAL	FOTOGELDA	TRIAC TRIODO BIDIRECCIONAL	SCR CONTROLADO DE SILICIO	TRANSISTOR UNIJUNCTURA PROGRAMABLE	TRANSISTOR		TRANSISTOR UNIJUNCTURA	
									TIPO PNP	TIPO NPN	BASE P	BASE N
EL PUNTO INDICA EXISTENCIA GAS												

### SIMBOLOS DE CONTACTOS

SPST N. O.		SPST N. C.		SPDT		TERMINOLOGIA
APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	SPST - UN POLO TIRO SENCILLO
						SPDT - UN POLO TIRO DOBLE
DPST, 2 N. O.		DPST, 2 N. C.		DPDT		DPST - POLO DOBLE TIRO SENCILLO
APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	DPDT - POLO DOBLE DOBLE TIRO
						N. O. - NORMALMENTE ABIERTO
						N. C. - NORMALMENTE CERRADO

**SIMBOLOS PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL CON APERTURA ESTÁTICA**

EL CONTROL DE APERTURA ESTÁTICA ES UN METODO PARA LA APERTURA DE CIRCUITOS ELECTRICOS SIN USAR CONTACTOS. EN ESPECIAL PARA LOS DISPOSITIVOS DE ESTADO SOLIDO. UTILICE LOS SIMBOLOS ARRIBA MOSTRADOS, EXCEPTO EL INDICADO CON FIGURA DE DIAMANTE.

EJEMPLOS "BOBINA" (ENTRADA)	N. O. (SALIDA)	N. O. INTERRUPTOR DE LIMITE

## SIMBOLOGÍA EN NORMA DIN EUROPEA.





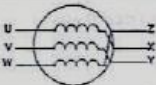



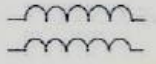
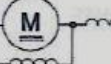

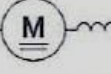

<b>SIMBOLOGIA ELECTRICA DIN</b>			
<b>SEÑALIZACION</b>			
SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION
	LAMPARA DE SEÑALIZACION O DE ALUMBRADO		TIMBRE
	DISPOSITIVO LUMINOSO INTERMITENTE		SIRENA
	BOCINA		ZUMBADOR
<b>CONTACTOS</b>			
El sentido de desplazamiento de los contactos es el siguiente: de izquierda hacia la derecha y de abajo hacia arriba, representación que figura siempre en posición de reposo			
	CONTACTO "CIERRE" NA (SIMBOLO GENERAL) 1 PRINCIPAL 2 AUXILIAR		CONTACTO DE PASO CIERRE MOMENTANEO AL REPOSO
	CONTACTO "APERTRURA" NC (SIMBOLO GENERAL) 1 PRINCIPAL 2 AUXILIAR		CONTACTO A... RETARDADO (ACTUA MAS TARDE QUE LOS OTROS CONTACTOS DE UN MISMO CONJUNTO)
	CONT. DE DOS DIRECCIONES CON UN PUNTO CENTRAL EN POSICION DE APERTURA		CONTACTO TEMPORIZADO AL TRABAJO
	CONT. DE DOS DIRECCIONES SIN SOLAPADO (APERTURA ANTES QUE EL CIERRE)		CONTACTO TEMPORIZADO AL REPOSO
	CONT. DE DOS DIRECCIONES SOLAPADOS		INTERRUPTOR DE POSICION (SIMBOLO GENERAL)
	CONTACTO DE PASO CIERRE MOMENTANEO AL REPOSO		CONMUTADOR UNIPOLAR DE 4 DIRECCIONES CON DIAGRAMA DE POSICION

## SIMBOLOGIA EN NORMA DIN EUROPEA.

SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION
	INTERRUPTOR (SIMBOLO GENERAL)		DISYUNTOR
	INTERRUPTOR SECCIONADOR		CONTACTOR
	SECCIONADOR		RUPTOR
	SECCIONADOR FUSIBLE		
<b>ORGANOS DE MANDO O DE MEDIDA</b>			
	ORGANO DE MANDO		DE ACCION Y REPOSO RETARDADOS
	DE DOS ARROLLAMIENTOS		RELE DE MEDIDA O DISPOSITIVO SEMEJANTE (SIMBOLO GENERAL)
	REPRESENTACION DESARROLLADA		DE SOBREINTENSIDAD DE EFECTO MAGNETICO
	DE ACCION RETARDADA		DE SOBREINTENSIDAD DE EFECTO TERMICO
	DE REPOSO RETARDADO		DE SOBREINTENSIDAD DE EFECTO MAGNETOTERMICO
	DE UN RELE INTERMITENTE		DE MAXIMA INTENSIDAD
	DE UN RELE DE IMPULSO		DE MINIMA TENSION



## MAQUINAS ELECTRICAS GIRATORIAS

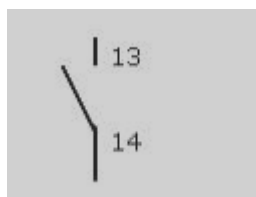
	<b>MOTOR ASINCRONICO TRIFASICO DE JAULA</b>		<b>GENERATRIZ CORRIENTE CONTINUA</b>
	<b>DE 2 ARROLLAMIENTOS ESTATORICOS SEPARADOS</b>		<b>MOTOR DE IMAN PERMANENTE</b>
	<b>6 BORNAS DE SALIDA (ACOPLAMIENTO ESTRELLA-TRIANGULO)</b>		<b>MOTOR DE CONTINUA CON EXCITACION INDEPENDIENTE</b>
	<b>POLOS CONMUTABLES ( MOTOR DE 2 VELOCIDADES )</b>		<b>CONMUTATRIZ ( TRIFASICA-CONTINUA EXCITACION DERIVACION</b>
	<b>DEVANADO DE EXCITACION 1.- DERIVACION 2.- SERIE</b>		<b>MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACION COMPUESTA</b>
	<b>MOTOR ASINCRONO TRIFASICO ROTOR DE ANILLOS</b>		<b>MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACION SERIE</b>
	<b>GENERATRIZ CORRIENTE ALTERNA</b>		

## Contactos eléctricos.

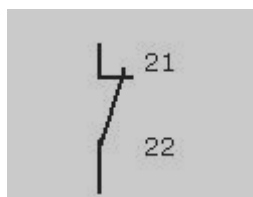
Los contactos eléctricos son los elementos de mando que conectarán o desconectarán a nuestros receptores (bobinas, luces, motores, etc.). Dichos contactos están alojados en las cámaras de contactos y son accionados por diversos sistemas, por ejemplo, pulsadores, interruptores, relés, y demás. En cada cámara de contactos puede haber uno o varios contactos.

Básicamente existen dos tipos de contactos que son:

Normalmente Abierto (N.A.)



Normalmente Cerrado (N.C.)



El N.A. no deja pasar la corriente hasta que no es accionado. El N.C. sí deja pasar la corriente hasta que es accionado que la corta. Ambos contactos vuelven a la posición inicial una vez a finalizado el accionamiento.

Para diferenciar el tipo de contacto en la cámara se utiliza una numeración compuesta por dos dígitos que sigue las siguientes reglas:

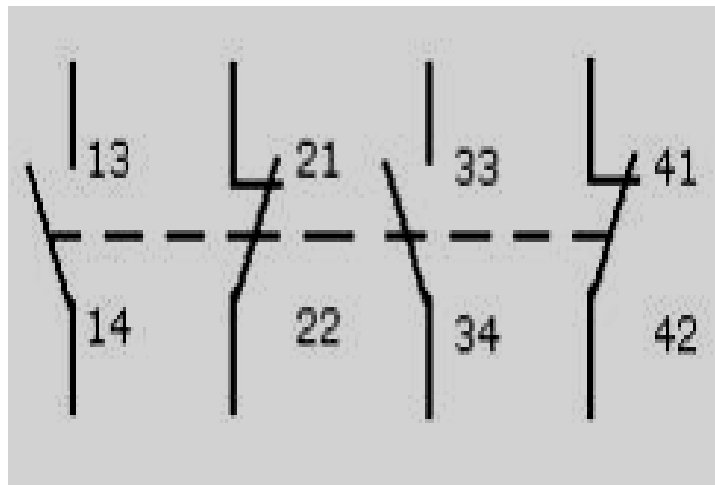
Primera cifra: Número de orden en la cámara de contacto

Segunda cifra:

1 ó 2: N.C.
3 ó 4: N.A
5 ó 6: especial N.C.
7 ó 8: especial N.A.



Ejemplo:



Por contactos especiales se entienden los que pertenecen a dispositivos de protección (relés térmicos, etc.), a temporizadores y a contactos solapados.

### **Control de arrancadores.**

El circuito de control a distancia incluye: los flotadores de tinaco, de cisterna y un interruptor eléctrico de 3 posiciones (automático, fuera y manual) que actúa sobre el mismo relevador de sobre carga térmico para hacer aún más eficiente el control automático, en la posición automática es cuando está trabajando en condiciones normales; la posición fuera es para darle mantenimiento, ya sea al motor o a la instalación eléctrica sin correr ningún riesgo; y en la posición manual el arrancador actúa sin importar en qué posición se encuentren los flotadores.

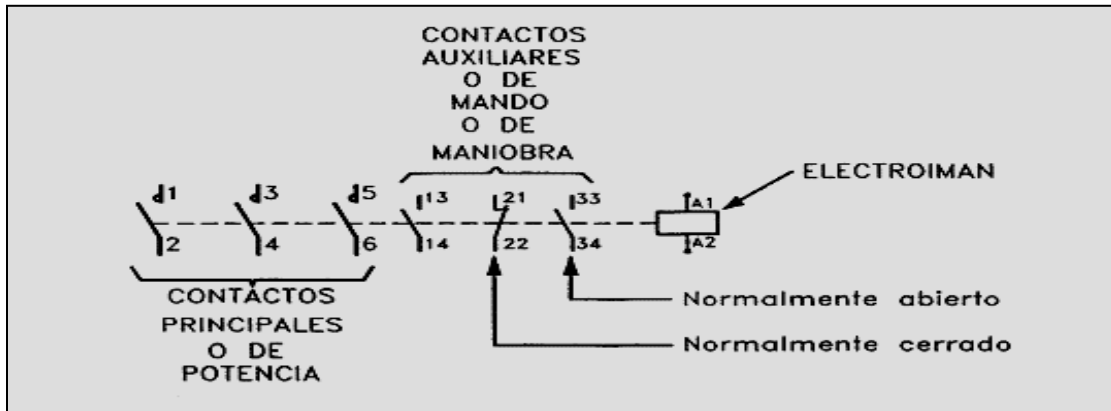
También se puede instalar un pulsador de paro eléctrico general o incluso un pulsador de paro de emergencia, asociándolos en serie con los flotadores del tinaco y cisterna de este circuito para tener mayor seguridad.

### **Contactador**

El contactor “es un interruptor mandado a distancia que vuelve a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar sobre él”.

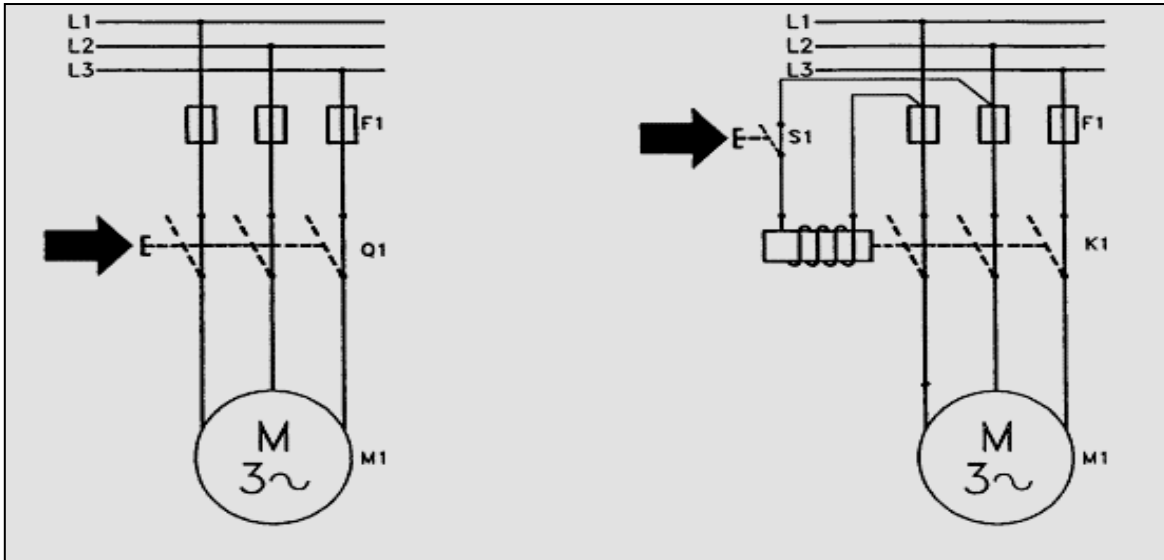
El contactor se utiliza para la conexión de elementos de potencia y nos permitirá la automatización de nuestras maniobras. Básicamente es un interruptor trifásico que en lugar de accionarlo manualmente lo podemos hacer a distancia, con menor esfuerzo físico y mayor seguridad a través de una bobina.

Un contactor está formado por las siguientes partes:

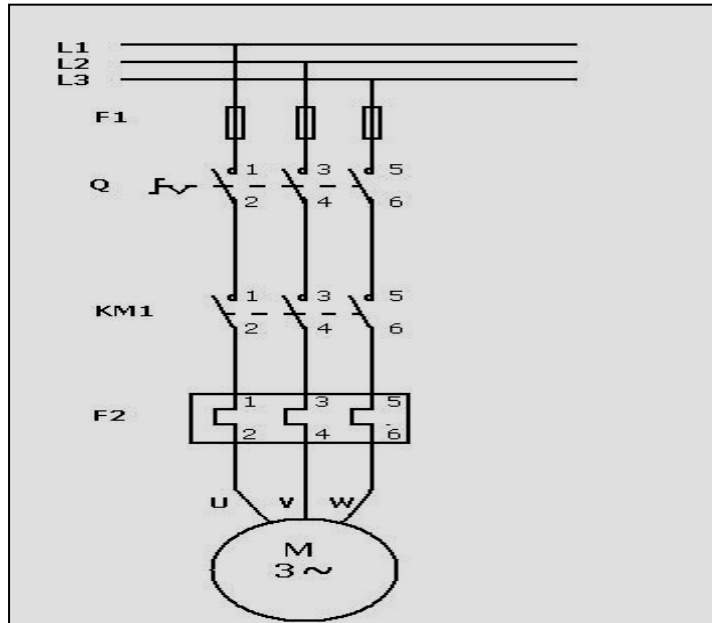


Importante, si el contactor no tiene contactos de potencia, entonces se le llama relé auxiliar.

Al accionar el pulsador S1 damos paso de corriente a la bobina y esta cambia de posición todos los contactos de la cámara del contactor K1, es entonces, a través de sus contactos, quien alimenta al receptor M1 como muestra la figura. Cuando soltemos S1 la bobina se desconecta y los contactos vuelven a reposo parándose M1.



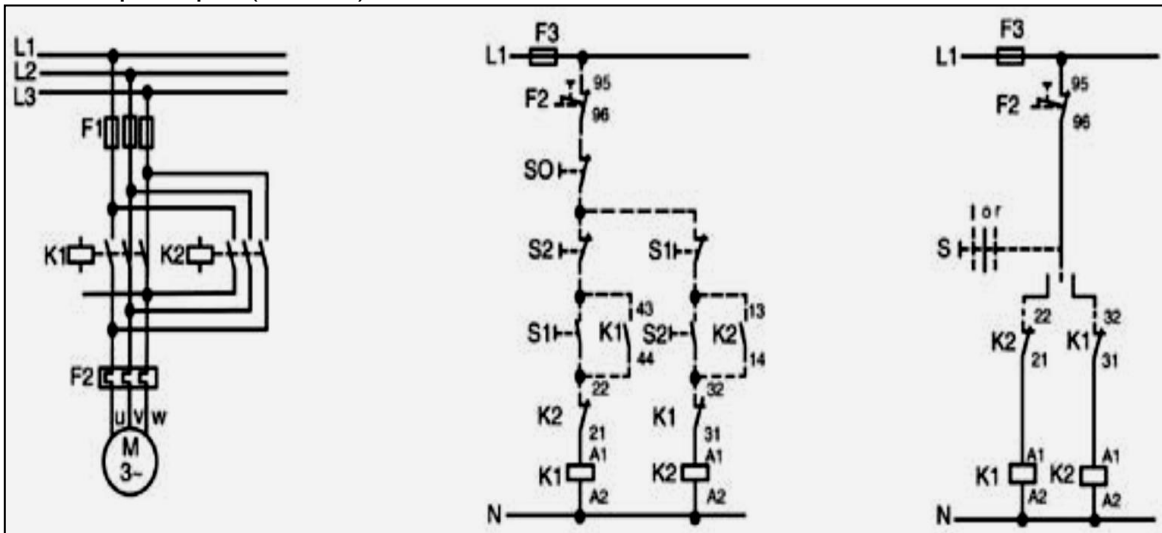
**Circuito de fuerza:** es el encargado de alimentar al receptor (motor, calefacción, electrofreno, iluminación, etc.). Está compuesto por el contactor (identificado con la letra K), elementos de protección (identificados con la letra F como pueden ser los fusibles F1, relé térmico F2, relés magnetotérmicos, etc.) y un interruptor trifásico general (Q). Dicho circuito estará dimensionado a la tensión e intensidad que necesita el motor. En la figura se muestra el circuito de potencia o fuerza del arranque directo de un motor trifásico.



**Circuito de control:** es el encargado de controlar el funcionamiento del contactor. Normalmente consta de elementos de mando (pulsadores, interruptores, etc. identificados con la primera letra con una S), elementos de protección, bobinas de contactores, temporizadores y contactos auxiliares. Este circuito está separado eléctricamente del circuito de potencia, es decir, que ambos circuitos pueden trabajar a tensiones diferentes, por ejemplo, el de potencia a 380 V de C. A. y el de control o mando a 24 V de C.C. Como ejemplo se muestran una serie de diagramas de control y fuerza.

Circuito principal (Fuerza)

Circuito de control



Circuito inversor de giro pulsador

Accionamiento por pulsadores contacto momentáneo

Accionamiento por contacto permanente

Designaciones de la nomenclatura de la figura anterior.

- SO: Pulsador “parar”.
- S1: Pulsador “reversa”.
- S2: Pulsador “arrancar a la derecha”.
- S: Interruptor reversa-paro-arrancar”.
- K1: Contactor “reversa”.
- K2: Contactor “arrancar a la derecha”.
- F1: Fusibles circuito principal.
- F3: Fusibles del circuito de control.
- F2: Relevador bimetálico.
- IOr: Adentro-fuera-reversa.

Diagrama básico de control y fuerza de un motor trifásico .

Diagrama de control

3F 380V 60 Hz.

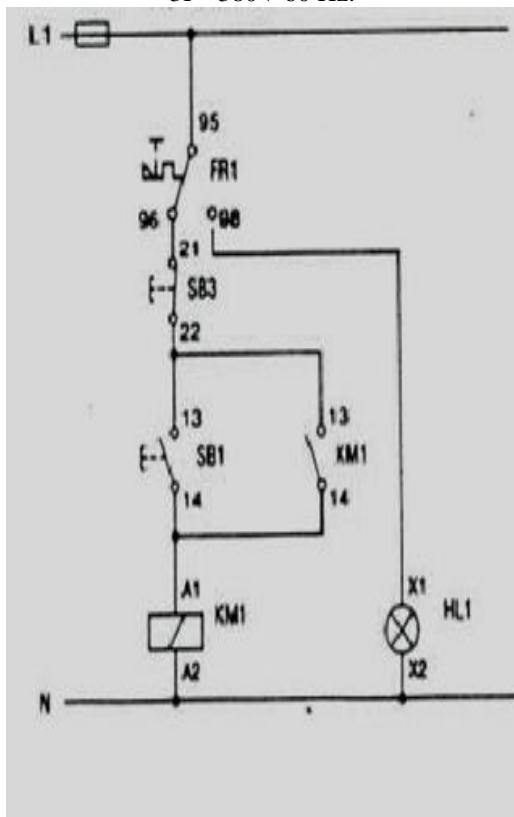
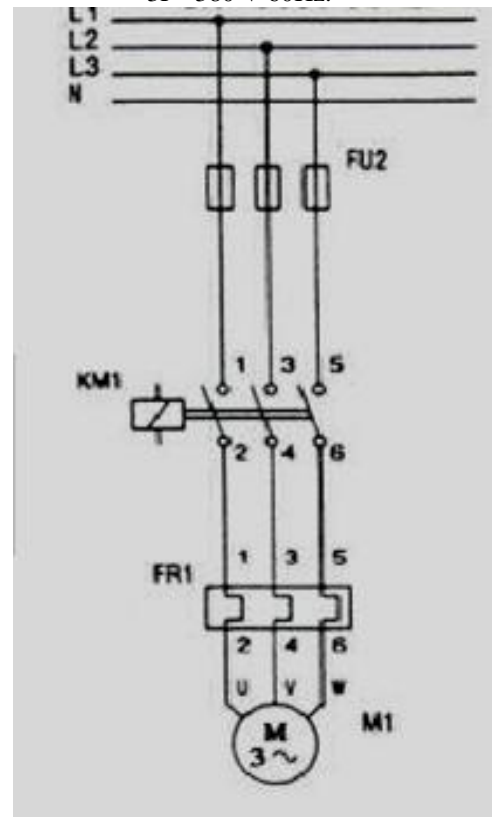


Diagrama de fuerza

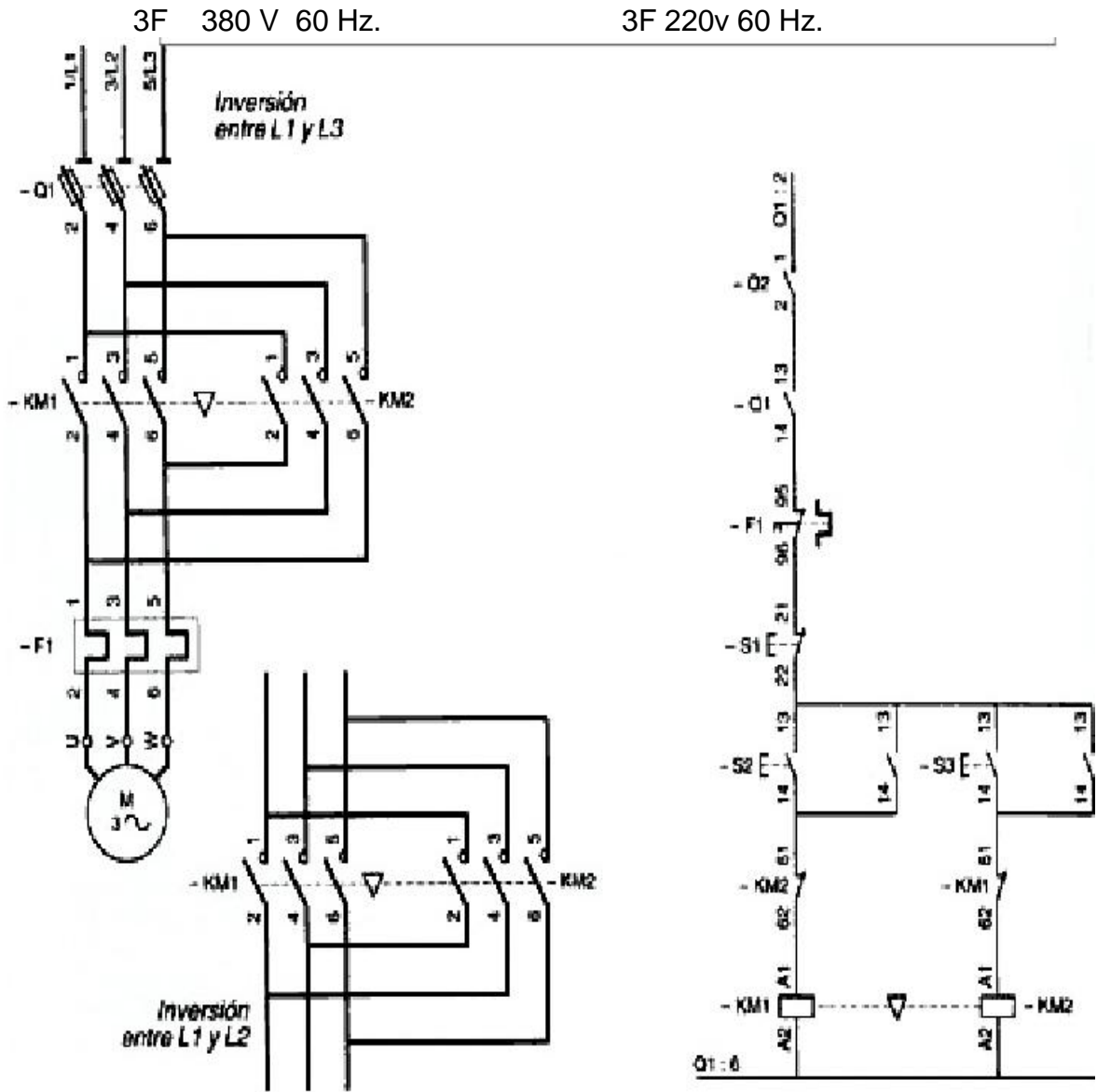
3F 380 V 60Hz.



Circuito de inversión de giro de un motor asincrono de inducción

Diagrama de control

Diagrama de fuerza



Inversion de giro entre L1 y L3

Inversion de giro entre L1 y L2

Diagrama de control y fuerza para controlar el arranque y paro de un motor trifasico mediantedos botones de pulso , uno NC (paro) y otro NA (arranque). El circuito cuenta con protección contra sobrecarga.

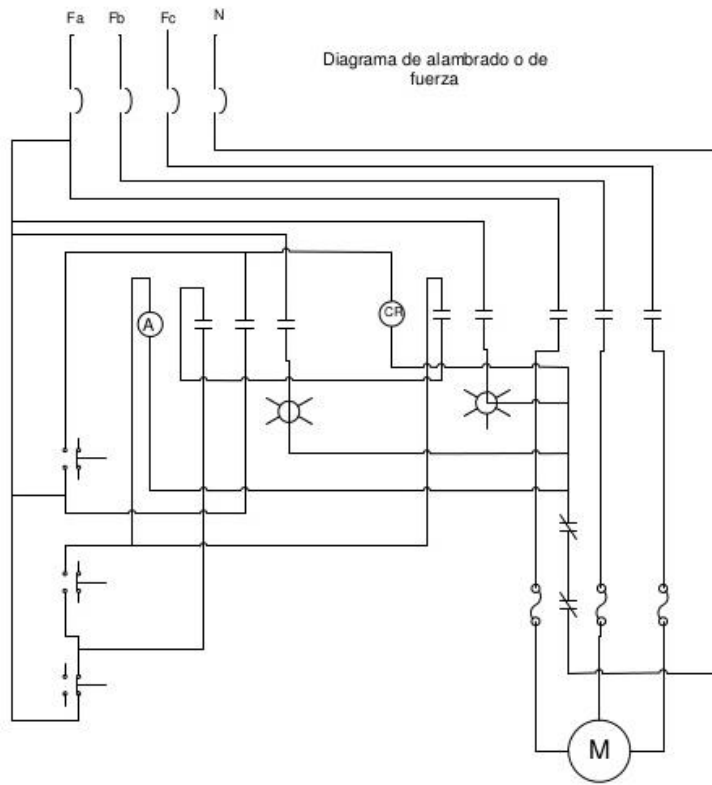
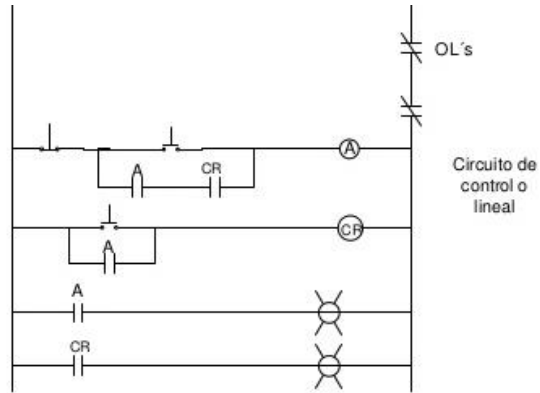


Diagrama de control y fuerza para la inversión de giro de un motor con un arranque para cada lado y un paro general para el circuito.

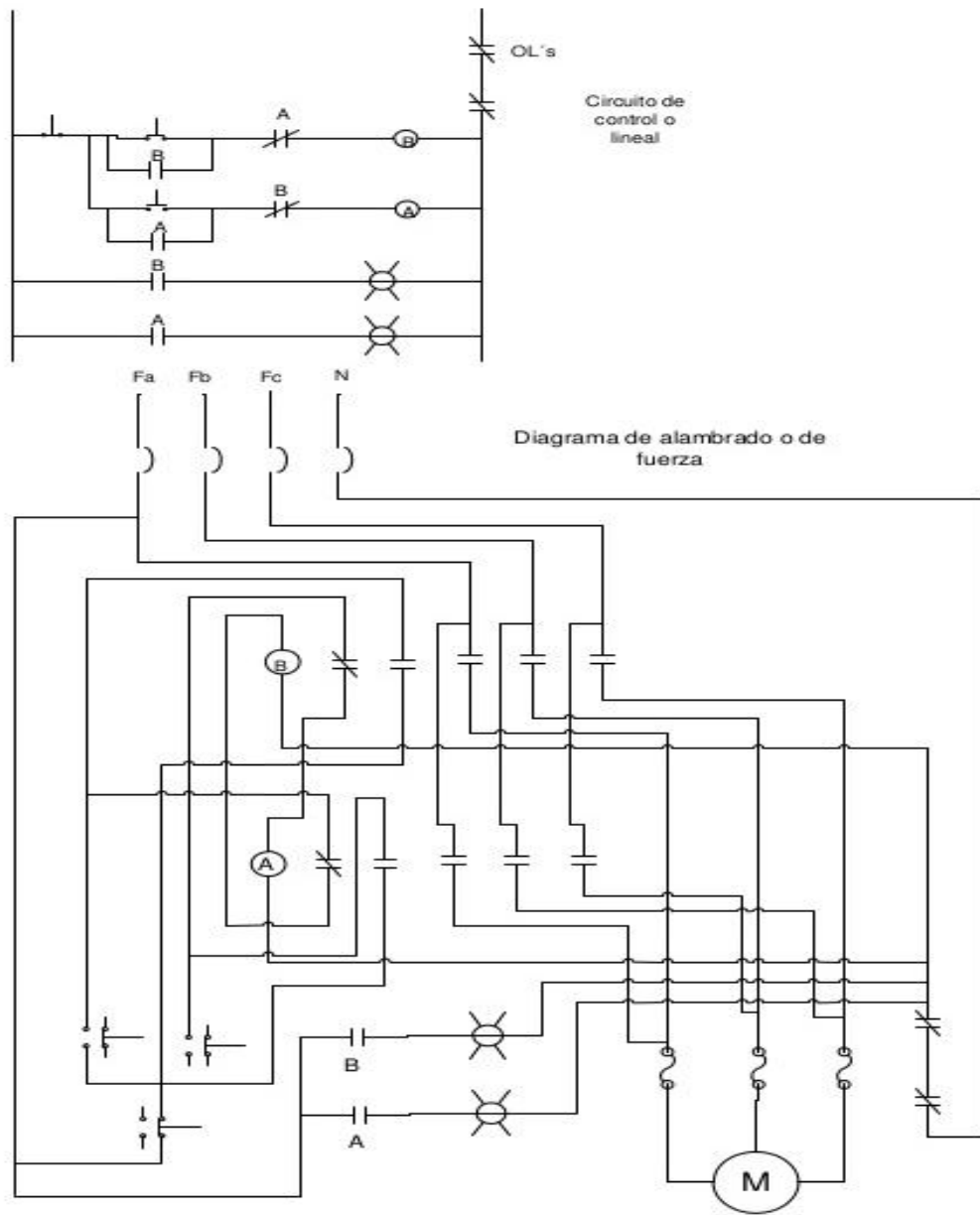
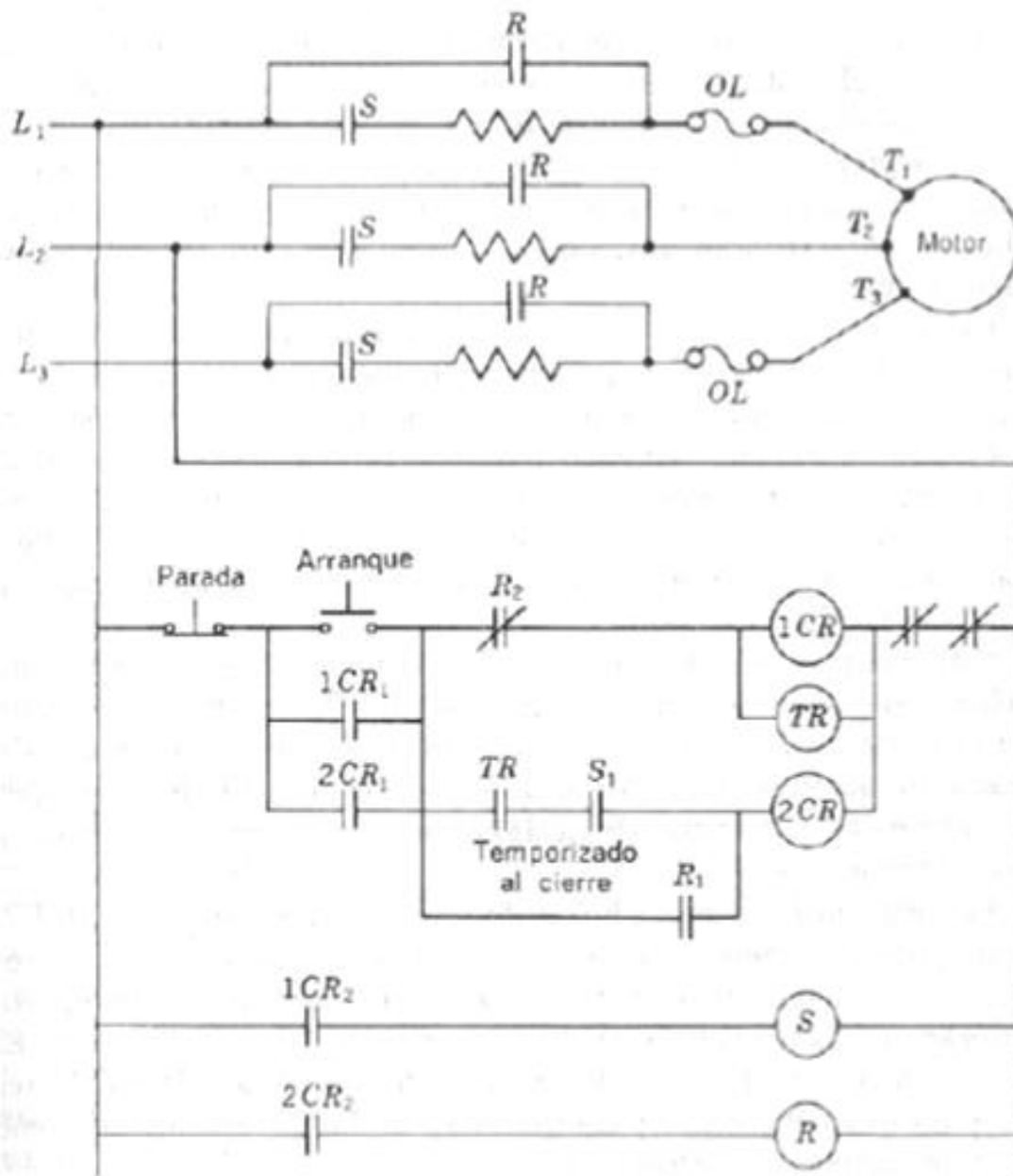
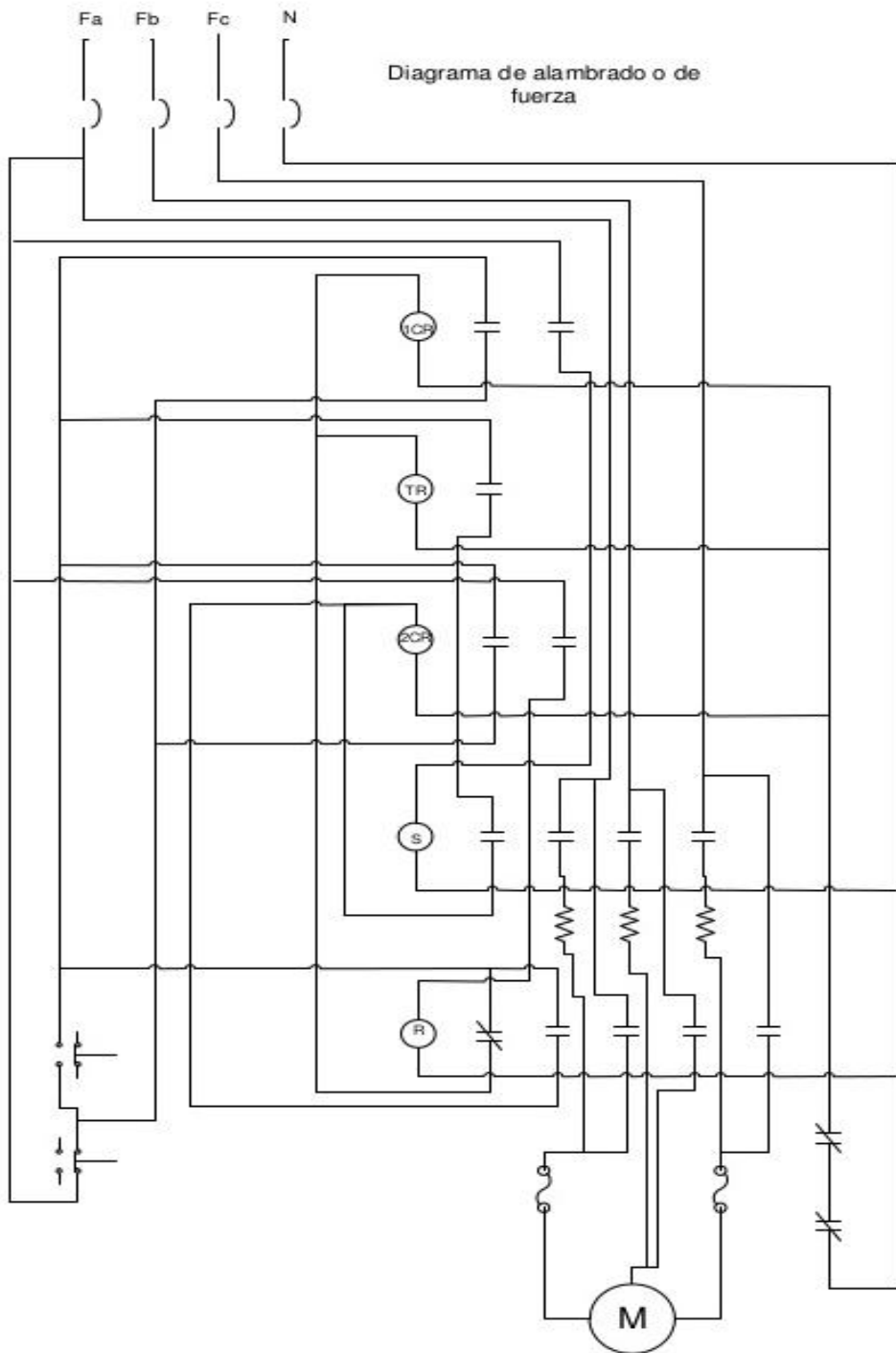


Diagrama de control y fuerza para el arranque de un motor a tensión reducida por medio de resistencias, este circuito incluye otros dispositivos de control como temporizadores al cierre, relevadores de control.



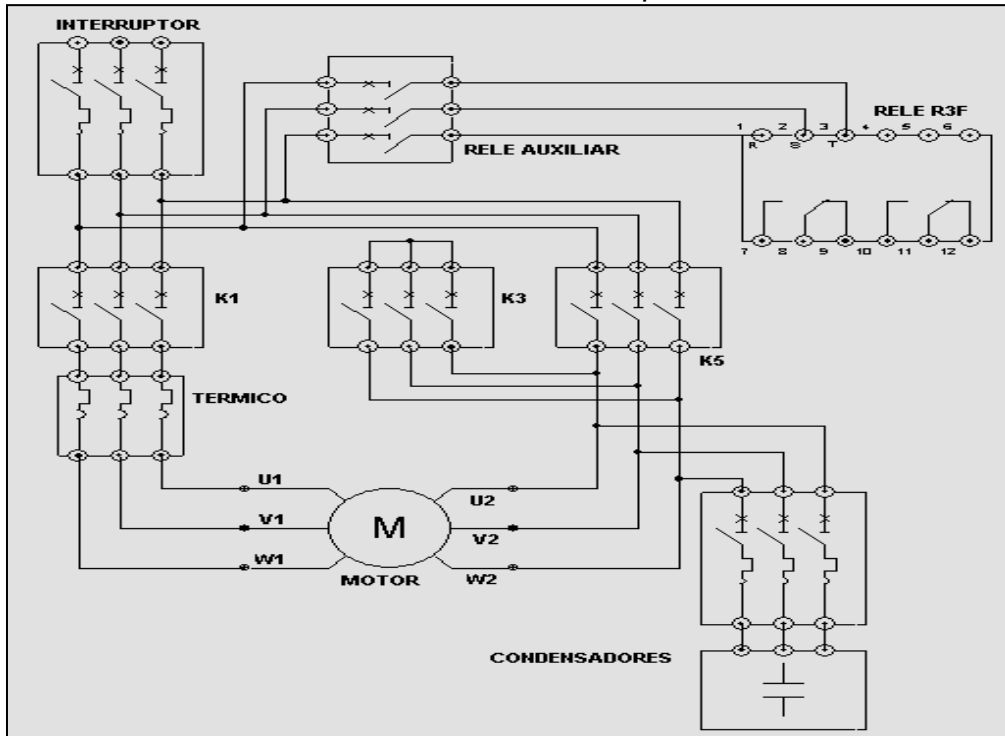


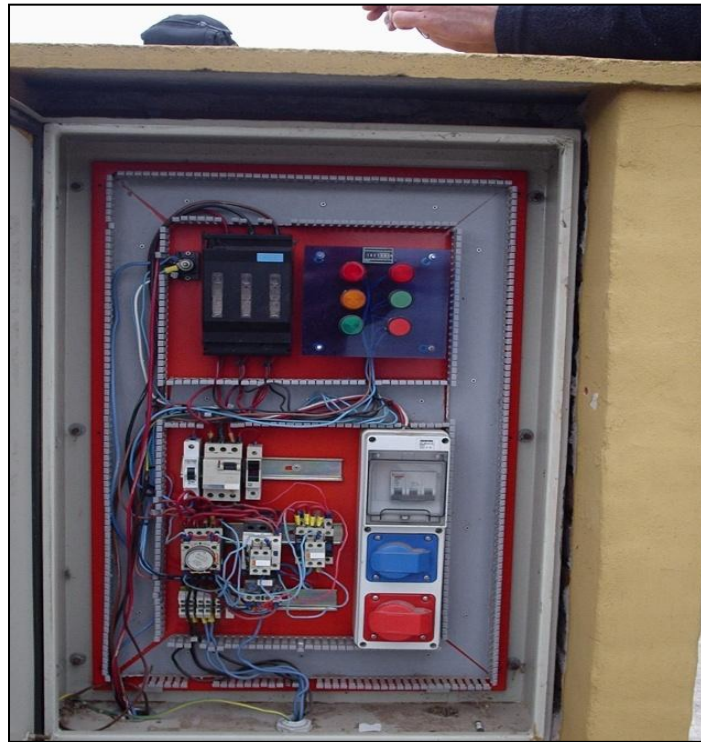
### Diagrama de fuerza del circuito anterior





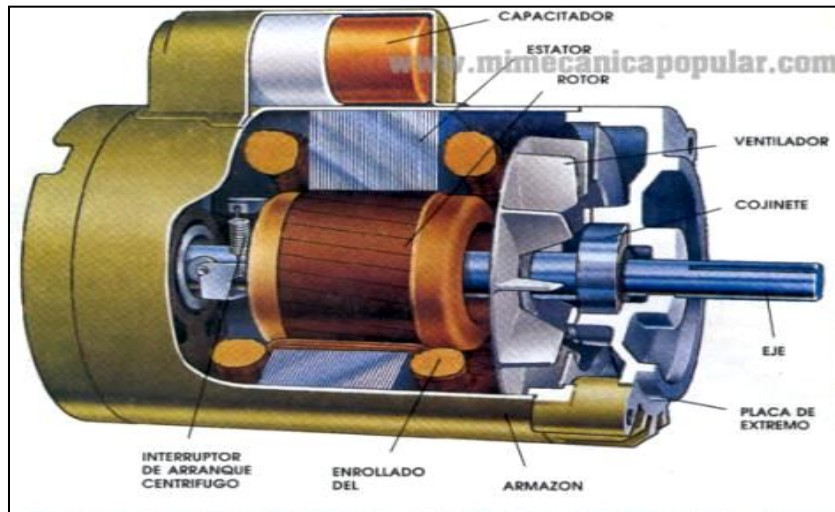
Arrancador con auxiliares de protección.





En motores que pasan los 4 caballos se hace necesario arrancar los motores, por medios que eviten que se altere el voltaje en la instalación por el alto amperaje que circula por la línea durante el arranque del motor y que resulta tan perjudicial en algunos casos.

Existen sencillos arrancadores en algunos motores de inducción de uso domestico y de pequeñas potencias por ejemplo de  $\frac{1}{2}$  HP 127 V. En este caso El circuito del bobinado auxiliar solo se excita durante la puesta en marcha para crear un campo giratorio necesario que permita el inicio del giro del motor. Estos motores llevan incorporado un interruptor centrífugo que desconecta el circuito auxiliar, una vez que el motor ha adquirido su velocidad nominal.



Motor con interruptor centrífugo de arranque

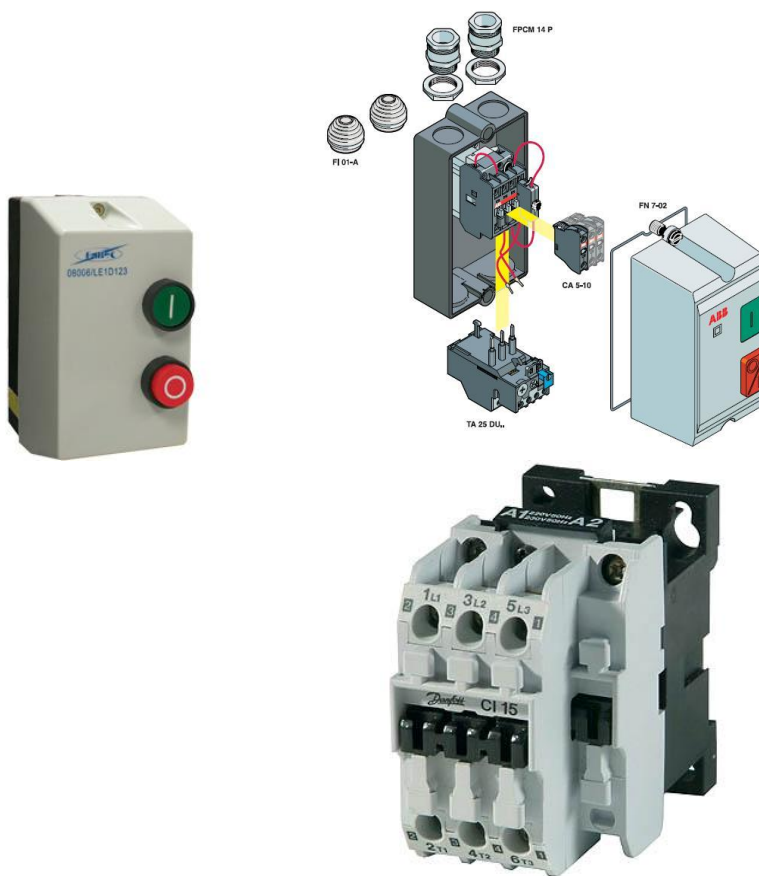


Tablero de fuerza para motor con protecciones.



### Arrancadores a tensión reducida.

Los Arrancadores para motores eléctricos, o unidades de arranque suave, permiten mejorar las características de arranque de instalaciones y máquinas con motores eléctricos mediante la utilización de estos sistemas electrónicos de arranque.



### Arrancador a tensión plena.

Las empresas fabricantes ofrecen una importante gama de dispositivos, que ellos denominan arrancadores suaves para motores.

Ofrecen modelos de arrancadores para multitud de tipos de motores y necesidades de instalación, algunos de ellos son:

- arrancadores suaves utilizados para el control eficiente de las bombas de aceite utilizadas en los ascensores hidráulicos.

- para el control del arranque y la parada de motores asíncronos AC, que durante la fase de arranque incrementan el voltaje gradualmente desde un nivel inicial hasta el valor completo de voltaje.

- para motores se utilizan en lugar de arrancadores directos en línea

Los sistemas de distribución de energía y el equipamiento del sistema se encuentran constantemente afectados por diversos tipos de disturbios en las líneas eléctricas. Los transientes de sobrevoltaje y otros problemas eléctricos representan el peligro más serio e inmediato para los equipos eléctricos y electrónicos de gran sensibilidad. Como resultado, las empresas mexicanas gastan en promedio alrededor de 56 mil millones de pesos al año a causa de la pérdida de producción y en la reparación y reemplazo de los equipos.

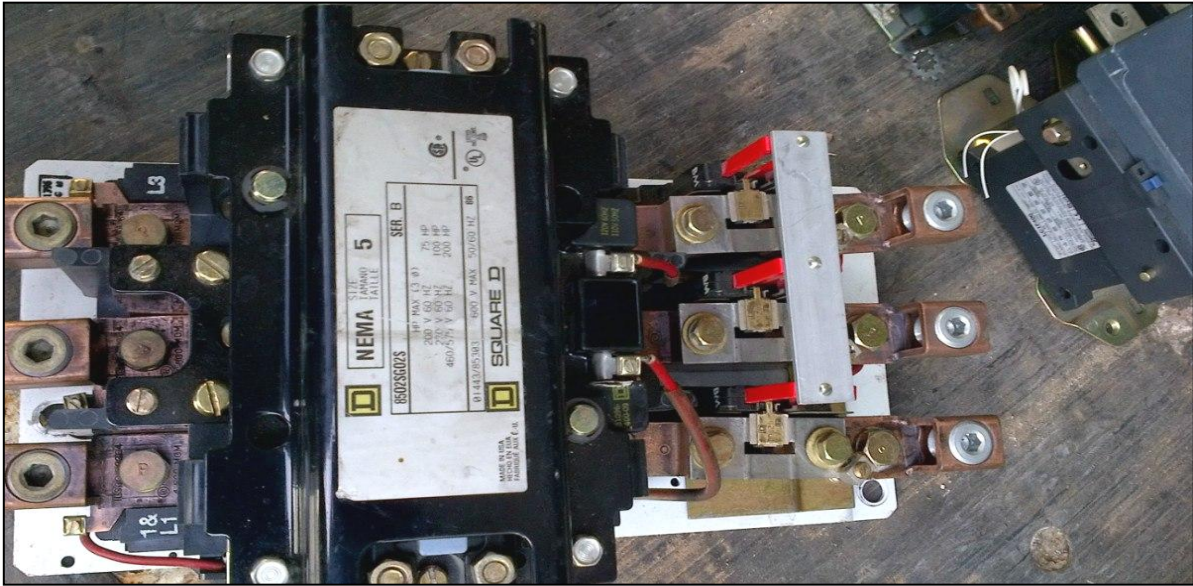
Los transientes o transitorios son sobretensiones o sobrecorrientes, que normalmente duran microsegundos y que son generadas por causas internas y externas. Las sobretensiones atmosféricas, los variadores de velocidad, las maniobras de la red eléctrica y las conmutaciones de carga de las empresas de servicio eléctrico, provenientes de instalaciones aledañas, provocan disturbios de energía.

Los estudios han demostrado que casi el 80% de los transientes de sobrevoltaje en una instalación determinada se generan de forma interna. Desde el encendido y apagado normal de las fotocopiadoras y de los sistemas de aire acondicionado hasta las líneas de montaje robotizadas y las máquinas de soldadura, prácticamente todas las máquinas o sistemas industriales causan o se ven afectados en forma adversa por los transientes. El efecto acumulativo de estos transitorios causa la degradación de semiconductores, la destrucción del equipo, disrupciones y daños que llevan a ocasionar fallas en forma prematura, lo que provoca costosas pérdidas de horas de trabajo y de productividad.

Todos los sistemas eléctricos y electrónicos son importantes y deberían ser dotados de una protección que permita evitar la disrupción, los daños y la destrucción de los equipos conectados.

Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta. El arrancador se usa para llevar al motor a su velocidad normal y luego se retira del circuito. El aparato de control ajusta entonces la velocidad del motor según sea necesario.



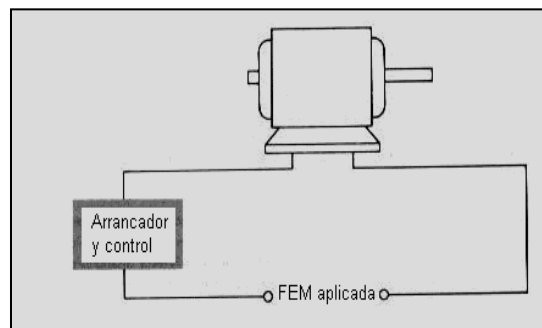


Fotografía de un arrancador SQUARE D TAMAÑO 5 sus especificaciones técnicas son:

HP/KW Max 3

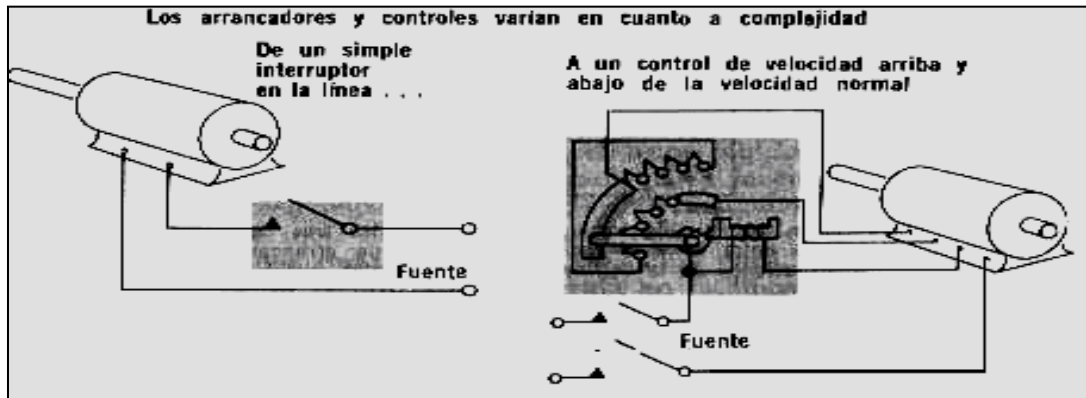
3Ø trifásico

200V	60Hz.	75 HP.
220V	60Hz.	100HP.
460/575V	60Hz.	200HP.
600V MAX.	50/60Hz.	



### Clasificación de los arrancadores.

Los arrancadores y controles se han diseñado para satisfacer las necesidades de las numerosas clases de motores de c-c. Por ejemplo, para arrancar los motores de c-c pequeños pueden disponer de un interruptor de línea relativamente sencillo en tanto que los motores de c-c grandes requieren instalaciones más complicadas.

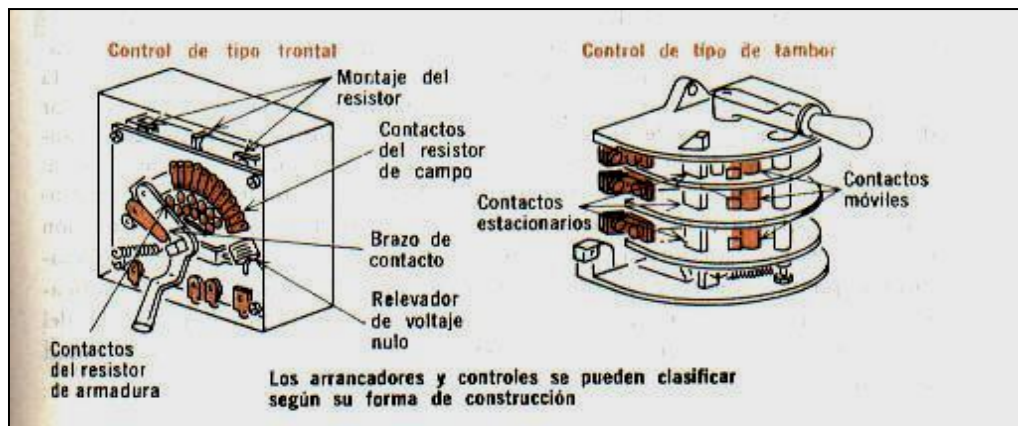


Se encontrará que los arrancadores y controles se clasifican:

- Por la forma en que funcionan: manual o automática.
- Por la forma en que están contruidos: de placa o de tambor.
- Por el tipo de cubierta: abierta o protegida.

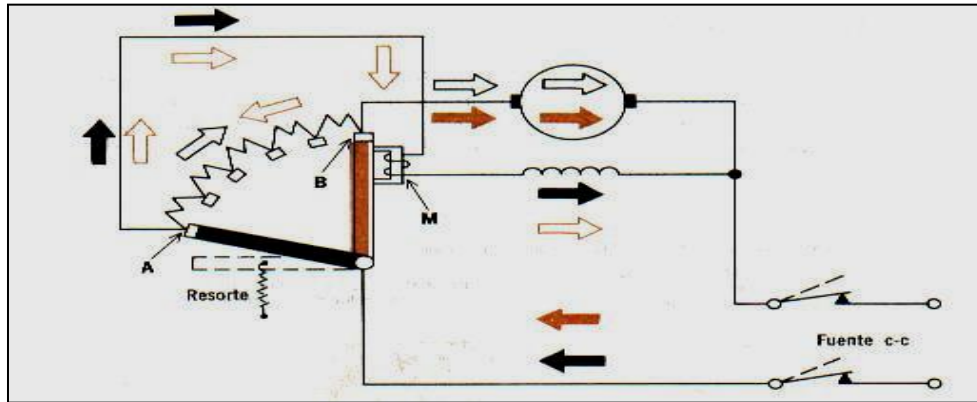
Además, los arrancadores y controles se clasifican según el número de terminales con que se conectan al motor como sigue:

Arrancadores de contacto doble, triple y cuádruple.



Arrancadores de contacto triple para motores de derivación compound.





El arrancador de tres puntos toma su nombre de las tres conexiones que deben efectuarse entre él y el motor al cual ha de arrancar.

El arrancador de contacto triple para motores de derivación que se ilustra es visible y se opera manualmente. El elemento resistor del reóstato se conecta en derivación por medio de seis botones de contacto. El brazo móvil del reóstato regresa a su primera posición mediante un resorte, y está dispuesto de manera que se puede mover de un botón de contacto a otro para puentear secciones del resistor en derivación.

Después de cerrar el interruptor de línea, el operador coloca manualmente y mueve el brazo del reóstato de la posición de apagado al primer botón de contacto A. Este transmite todo el voltaje de la línea de alimentación al campo en derivación, energiza el imán de sujeción y conecta toda la resistencia de arranque en serie con la armadura. En la práctica, el valor de esta resistencia se selecciona de manera que limite la corriente de arranque a un 150% de la corriente nominal de la armadura a plena carga.

Cuando el motor comienza a ganar velocidad, el operador mueve gradualmente el brazo del reóstato hacia el contacto B, venciendo la tensión del resorte. En esta forma, la resistencia se va desconectando de la armadura y queda conectada en serie con el circuito de campo, donde prácticamente no tiene efecto, ya que su resistencia es mucho menor que la del campo y, así, no influye en la velocidad del motor ni en la intensidad del campo.

Cuando el brazo del arrancador de triple contacto está en B, la armadura queda conectada directamente a la línea de alimentación y se considera que el motor funciona a su velocidad normal. Entonces el imán de sujeción M, fija al brazo en la posición B, oponiéndose a la tensión del resorte y no permite que el brazo del reóstato regrese a la posición de apagado. Como el imán de sujeción está en serie con el campo en derivación, detecta cualesquiera variaciones que ocurran en el devanado del campo.

En el motor de derivación, al disminuir la intensidad del campo, la armadura tiende a acelerarse. Como es posible alcanzar un punto de desbuche cuando la intensidad de campo se reduce demasiado el imán de sujeción está diseñado para des-energizarse hasta determinado valor de la corriente de campo. En este punto,

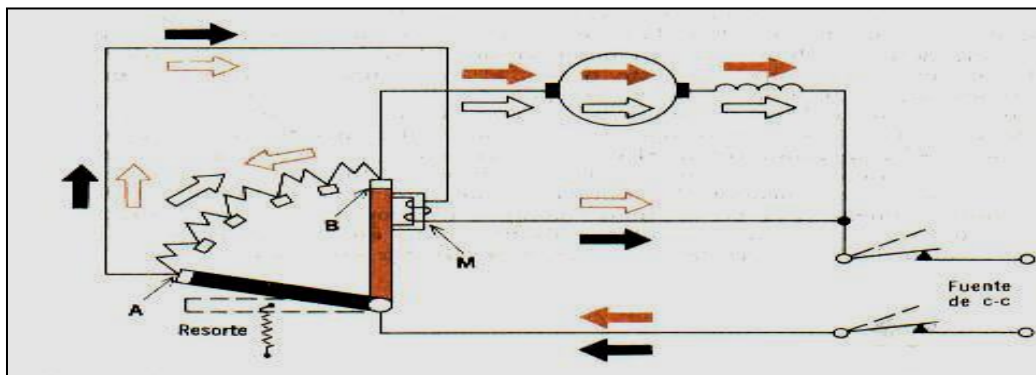
el brazo unido al resorte regresa automáticamente a la posición de apagado. Esta misma disposición hace también que el brazo regrese a la posición de apagado cuando el voltaje de alimentación se interrumpe por alguna razón; en este caso será necesario que el operador repita el ciclo de arranque para hacer que el motor funcione otra vez, al restaurarse la energía en la línea.

El mismo arrancador de contacto triple que tiene el motor Shunte se puede usar en un motor compuesto acumulativo. La ilustración muestra que la única diferencia existente entre ambas posiciones está en el otro devanado de campo en serie del motor compuesto.

### **Arrancadores de contacto triple para motores en serie.**

El arrancador de contacto triple para motores de serie sirve para el mismo objetivo que los arrancadores que se usan en motores de derivación y compuestos.

Una característica del arrancador de contacto triple para motores de serie que se ilustra es que tiene protección contra bajo voltaje, lo cual significa que si el voltaje de la fuente desciende hasta un valor muy bajo o a cero, el motor quedará desconectado del circuito.



Note que, en este arrancador de contacto triple, la bobina del imán de sujeción está conectada al voltaje de la fuente. Para poner en marcha al motor, el operador mueve gradualmente el brazo del reóstato de la posición de apagado a la de funcionamiento. Entonces el electroimán de sujeción mantiene el brazo del arrancador, en la posición de funcionamiento, venciendo la tensión del resorte de retroceso.

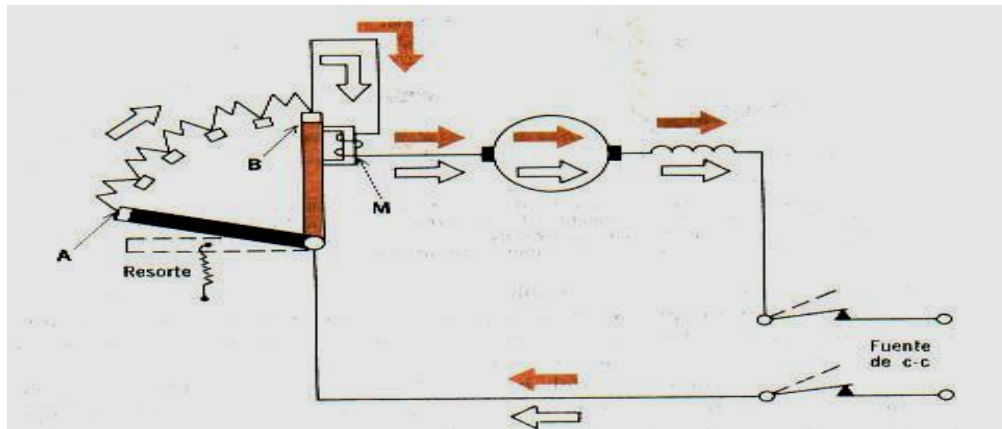
Si la tensión de la fuente baja, el imán de sujeción se desenergiza y suelta al brazo móvil, que rápidamente regresa a la posición de apagado, protegiendo así al motor de un posible daño.

### **Arrancadores de contacto doble para motores tipo serie.**

Este tipo de arrancadores ofrece protección al motor, cuando éste funciona sin carga, lo cual significa que si se quita súbitamente la carga cuando el motor está andando, el arrancador desconectará el motor de la fuente de energía para evitar que éste se desboque.

Note que en el arrancador de contacto doble, la bobina de sujeción está conectada en serie con la fuente de alimentación, la armadura del motor y el devanado de campo. Para poner en marcha al motor, el operador mueve gradualmente el brazo del arrancador, de la posición de apagado a la de funcionamiento, deteniéndose durante uno o dos segundos en cada botón de contacto del reóstato. Finalmente el brazo se mantiene en la posición de funcionamiento, venciendo la tensión del resorte de retroceso, debido a la atracción del imán de sujeción.

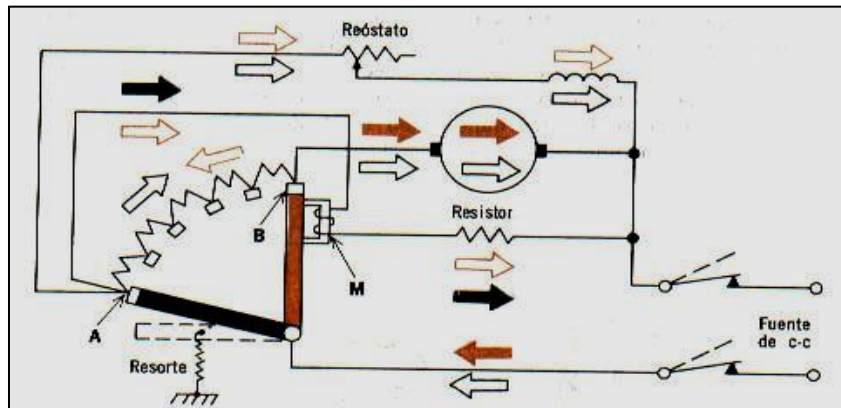
Si se quita la carga del motor, la caída correspondiente en la corriente de armadura es percibida por la bobina de sujeción en serie, que la suelta. Como resultado, el brazo del reóstato queda libre y regresa a la posición de apagado por la tensión del resorte de retroceso. Esta característica evita que el motor de serie sufra daño como resultado del funcionamiento a alta velocidad, cuando tiene una carga ligera o no tiene carga.



Arrancador de contacto cuádruple para motores de derivación y compuestos.

Los arrancadores de contacto cuádruple para motores de derivación y compuestos tienen las mismas funciones básicas que los de contacto triple y, además, hacen posible que se use un reóstato de campo con los motores, para obtener velocidades superiores a la normal.

En la figura anterior se ilustra un arrancador de contacto cuádruple usado en un motor en derivación. La bobina de sujeción no está conectada en serie con el campo en derivación, como ocurría en el arrancador de contacto triple. En cambio la bobina de sujeción y un resistor en serie están conectados directamente con el voltaje de la fuente. De esta manera la corriente de la bobina de sujeción es independiente de la corriente de campo, la cual se hace variar para modificar la velocidad del motor. Sin embargo todavía se puede usar la bobina de sujeción para liberar el brazo del arrancador cuando el voltaje es bajo o nulo en la fuente.



El arrancador de contacto triple sirve para poner en marcha el motor de la misma manera que la descrita para el arrancador de contacto triple. En cuanto el brazo del reóstato llega a la posición de funcionamiento, el reóstato de campo conectado en serie con el campo en derivación se usa para graduar la velocidad del motor al valor deseado. Cuando debe detener el motor, generalmente el operador reajusta el reóstato de campo de manera que toda la resistencia se interrumpa y la velocidad del motor se reduzca a su valor normal, lo que asegura que la siguiente vez que el motor se ponga en marcha se dispondrá de un campo intenso y en consecuencia, del máximo par.

En todo el sector eléctrico siempre ha existido la necesidad de utilizar motores eléctricos y uno de los motores de mayor aplicación son los motores jaula de ardilla, debido principalmente a su sencillez, fortaleza, confiabilidad y mínimo mantenimiento.

Tomando como base las características de este tipo de motor se han desarrollado diferentes tipos de arrancadores que facilitan la puesta en marcha de estos motores.

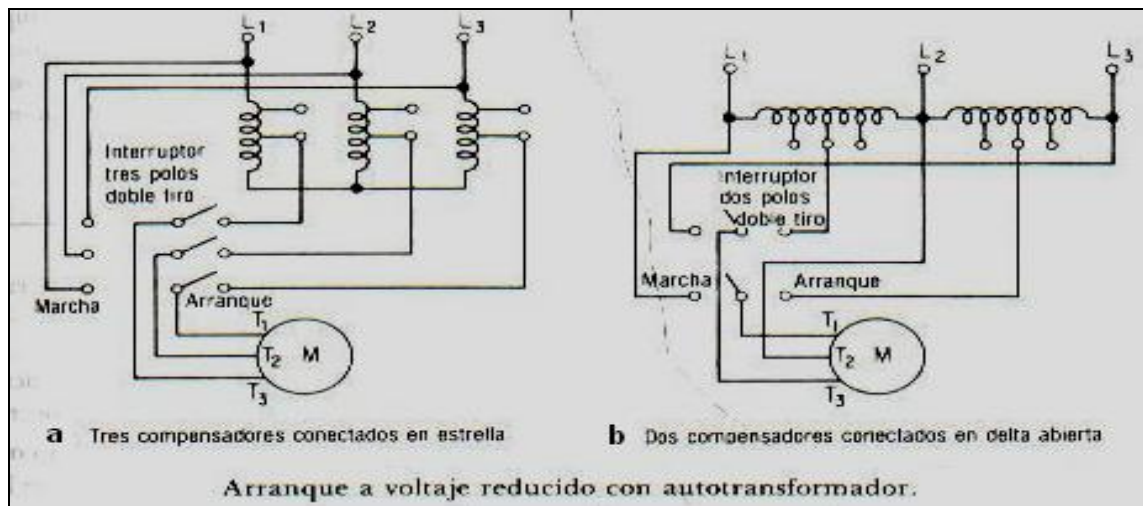
El primer método y el más sencillo es el arranque a tensión reducida, el cual permite arrancar un motor conectándolo directamente de las líneas de alimentación, sin embargo con el tiempo, las necesidades propias de la industria obligaron a fabricar motores de grandes potencias, cuyas demandas de corriente en el momento del arranque son muy elevadas y ya no fue posible realizar arranque a tensión reducida. Entonces los fabricantes de arrancadores se dieron a la tarea de diseñar arrancadores que permitieran reducir la corriente que demanda un motor jaula de ardilla en el momento de estar arrancando y que todos sabemos su valor se puede llegar a ser hasta 6 veces la corriente nominal. Se diseñaron varios arrancadores a tensión reducida y entre los principales se encuentra el de resistencias primarias, reactancias, Estrella-Delta, Devanado Bipartido y tipo autotransformador. De estos métodos de arranque a tensión reducida, el más utilizado actualmente es el tipo autotransformador porque nos permite tener tres diferentes valores de tensión y que el cliente puede seleccionar al momento de hacer el arranque. En este curso analizaremos cada uno de estos métodos en forma general, haciendo mayor énfasis en el arrancador a tensión reducida tipo autotransformador.

### Arranque a voltaje reducido con autotransformador.

Se pueden poner en marcha los motores trifásicos comerciales de inducción de jaula de ardilla a voltaje reducido empleando un autotransformador trifásico único o compensador, o bien con tres autotransformadores monofásicos como se muestra en la figura (a).

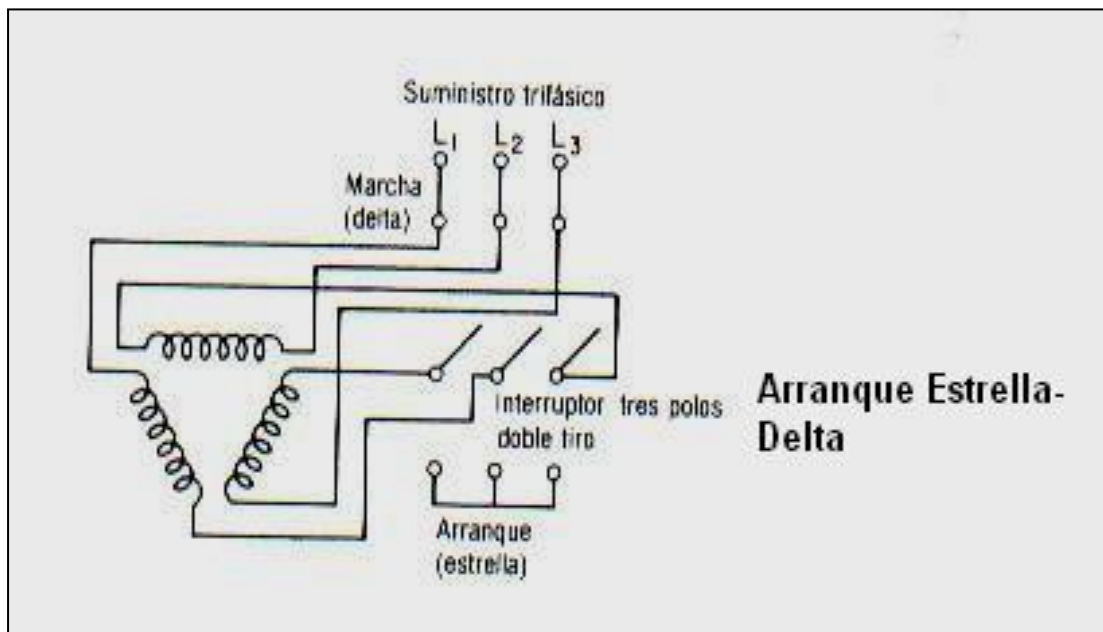
La figura (a) es un diagrama que representa un tipo comercial. El esquema no incluye los relevadores, la protección de bajo voltaje ni los contactos que tienen normalmente los arrancadores manuales. El interruptor de tres polos doble tiro se lleva a la posición “arranque” y se deja allí hasta que el motor ha acelerado la carga casi hasta la velocidad nominal. A continuación se pasa rápidamente a la posición de “marcha”, en la cual queda conectado el motor en la línea directamente.

Ya que el compensador se usa solo en forma intermitente, se tiene un ahorro (eliminación de un transformador) si se usan dos transformadores en delta abierta, o V-V, como se muestra en la figura (b), produce un pequeño desbalanceo de la corriente en la toma central pero no afecta al funcionamiento del motor.



## ARRANQUE EN ESTRELLA DELTA.

La mayor parte de los motores polifásicos comerciales de inducción con jaula de ardilla se devanan con sus estatores conectados en delta. Hay fabricantes que ofrecen motores de inducción con el principio y el final de cada devanado de fase en forma saliente, con fines de conexión externa. En el caso de los motores trifásicos, se pueden conectar a la línea ya sea en estrella o en delta. Cuando se conectan en estrella, el voltaje que se imprime al devanado es  $1/\sqrt{3}$ , o sea el 57,8% del voltaje de línea.





## CAPITULO 5. SELECCIÓN DE UN ARRANCADOR.

### **Sistemas de arranque aplicables a un motor.**

El problema del arranque del motor se refiere a las limitaciones que se presentan debidas a la capacidad de la fuente alimentadora, tales como caídas de tensión permisibles en el sistema al aplicar la corriente de arranque del motor y la capacidad momentánea en KVA que requiere para este mismo objeto.



Máquina punzónadora en DANA ejes tractivos.

En este capítulo primeramente realizaremos un estudio técnico-económico de algunos motores. Para en base a esto podamos dar con fundamentos la propuesta de la máquina nueva que a dé ha de sustituir a una de las máquinas viejas o por así decirlo antiguas.

Este estudio consiste en analizar las características de operación del equipo instalado y compararlo con el equipo que se encuentra hoy en día comercialmente. Como muchas empresas día a día buscan ser más competitivos, debido a la necesidad cada vez más apremiante de disminuir costos de operación y mantenimiento, existe una oportunidad de ahorro en el uso de motores de alta eficiencia, dado que el costo de la energía eléctrica está en aumento constante, esta oportunidad es aun más rentable.

Existen varias oportunidades para conseguir considerables disminuciones de costos de operación usando motores de alta eficiencia. Se pueden sustituir los motores estándar cuando se dañen o adquirir motores de alta eficiencia para nuevas instalaciones, sobre todo cuando operan más de 12 horas al día. También la instalación de variadores de velocidad representa una oportunidad de ahorro, aplicados a los motores que operan con cargas variables. A continuación, se presentan más detalles sobre estas dos opciones.



Los motores eléctricos, son según estadísticas los responsables del 70 al 80 % de la energía consumida en la industria. Esto significa que si se están utilizando motores estándar con eficiencias promedio del 80%, en lugar de motores de alta eficiencia con eficiencias arriba de 90%, más del 10% de la energía eléctrica que consumen los motores, son pérdidas.

### **Variador de velocidad.**

El variador de velocidad, es un control para el motor de inducción tipo "jaula de ardilla" que es el motor más económico, simple y robusto que hay y se distingue por ser él más usado en la industria por estas ventajas. Es el único control que energiza, protege y permite la variación de la velocidad en el motor, sin ningún accesorio extra entre el motor y la carga. La ventaja principal de los variadores de velocidad es que disminuyen los consumos de energía eléctrica en algunos de los procesos que controla, dando como resultado considerables disminuciones de costos de operación







### **Variadores de velocidad.**

Por otro lado, también existen motores que operan con cargas variables, a veces en función de la temperatura, otras veces en función de flujo o presión, dependiendo de las necesidades de uso o de la ocupación y es en estos casos en los que utilizando los variadores de velocidad, se adaptan los caballos de potencia (Horse Power - HP) del motor a la necesidad, logrando con esto tener por así decirlo, un motor de potencia variable y por lo tanto un motor que reduce sus requerimientos de energía eléctrica, obteniendo así ahorros sustanciales.

#### **Un caso de aplicación de un variador de velocidad.**

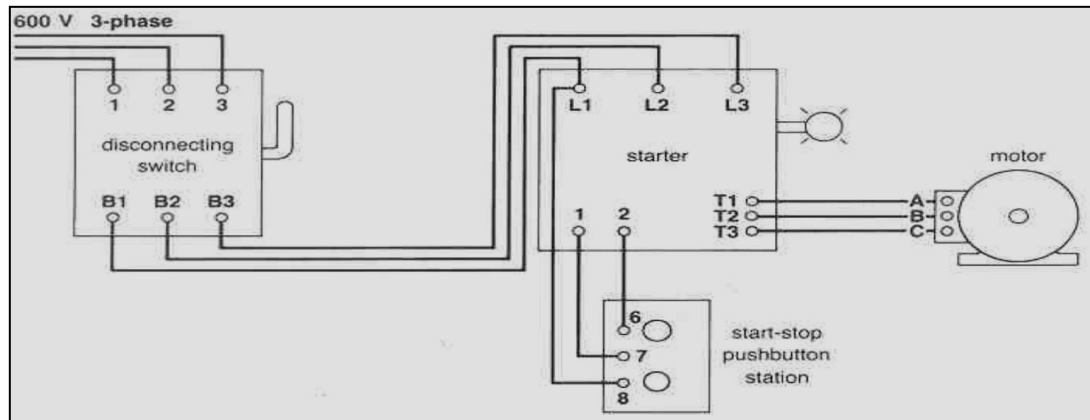
A continuación analizaremos la instalación de un variador de velocidad de 25 HP en una bomba de agua helada, que es parte del sistema de refrigeración instalado en un hotel de la Ciudad de Cancún, Q. Roo. El sistema de bombeo de agua helada está conformado por 2 bombas centrífugas que son impulsadas por motores de 3550 rpm de velocidad y la descarga está conectada en paralelo. Las horas de funcionamiento antes de instalarse los variadores de velocidad eran de 38 horas al día, trabajando una bomba las 24 horas del día continuas y la otra 14 horas, lo anterior cuando las temperaturas ambientales eran las altas en el transcurso del día. La bomba que trabajaba en arranque-paro se controlaba de modo manual.

En las áreas públicas del hotel como restaurantes, lobby, salones, al igual que en las habitaciones, se regula la temperatura por medio de termostatos y la entrada de agua helada a las unidades manejadoras de aire o ventiladores, se controla por medio de válvulas, que cierran o abren para permitir que la temperatura se regule, según sean las necesidades. Esto provoca que en determinados momentos, cuando la temperatura ambiente es fría como en la madrugada, o cuando la ocupación del hotel es baja, la bomba o bombas estén trabajando innecesariamente, pues el caudal de agua helada necesario para acondicionar el edificio es menor al suministrado y la presión en las tuberías aumenta.



Se determinó que se podrían conseguir ahorros sustanciales, si se implementaba un variador de velocidad en una de las bombas y la otra se dejaba como bomba auxiliar. La bomba de velocidad variable, oscila desde 75% hasta 100% de la velocidad nominal. El promedio de horas que trabaja la otra bomba disminuye de 14 a 5 horas únicamente al día. En las siguientes tablas se muestra el comportamiento de la demanda antes y después de instalar un variador de velocidad.

### Interruptor trifásico arrancador



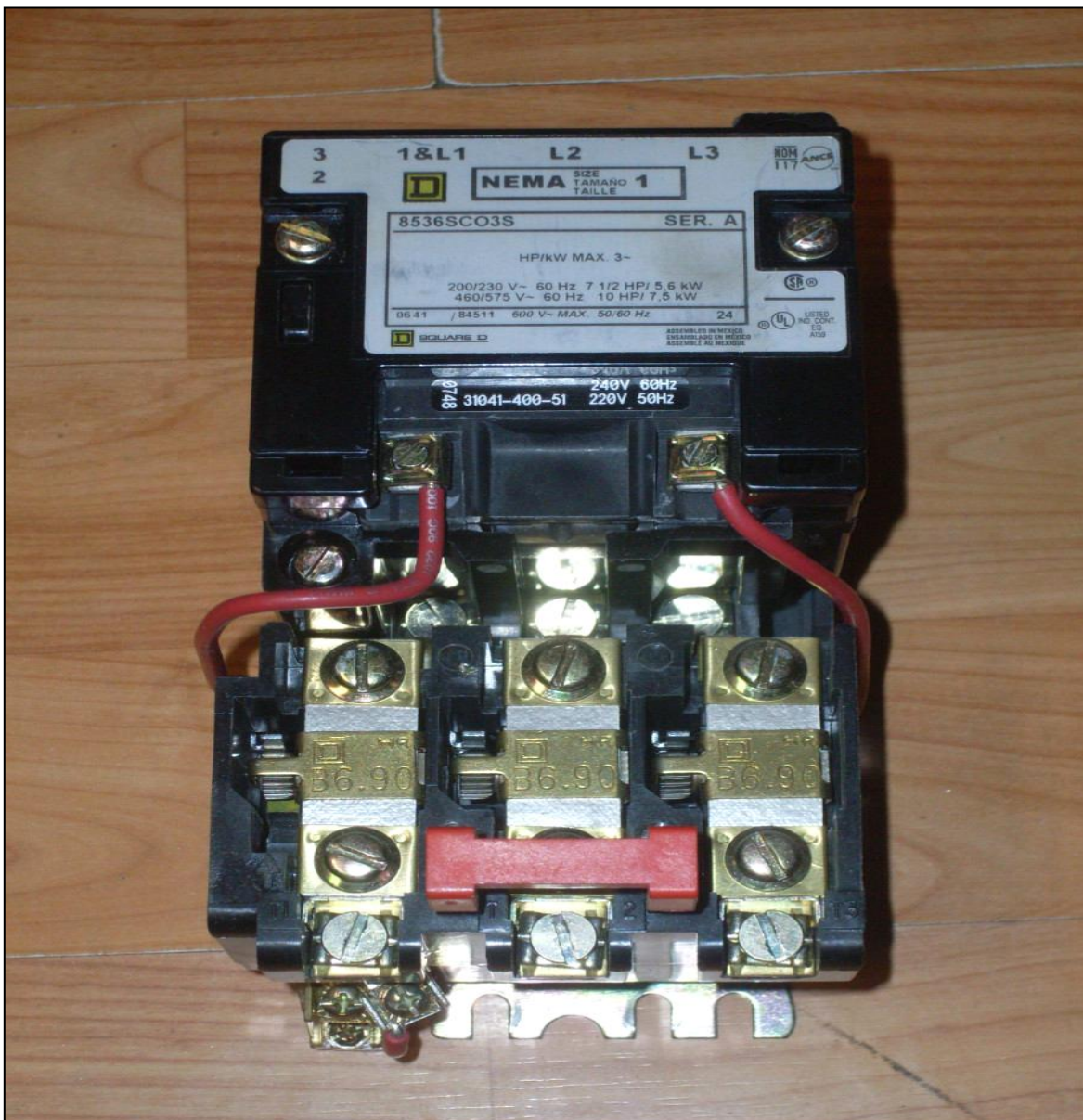
Estación de botones arranque/paro.

Esquema básico de conexión de un arrancador trifásico.

## Selección de arrancadores para motores eléctricos.

En motores de inducción trifásicos a veces es necesario limitar la corriente de arranque para no afectar a otras cargas conectadas al mismo alimentador. La corriente de arranque se puede limitar mediante el uso de impedancias en serie en cada línea del motor o mediante el uso de transformadores que reduzcan el voltaje aplicado al motor. (Usando autotransformadores es más económico).

El primer caso es el que se tratará en este trabajo, sin embargo el uso de autotransformadores frecuentemente da mejores resultados, por lo cual conviene explicar sus ventajas y luego pasaremos al cálculo de los valores de impedancia que se deben agregar en serie cuando se usa impedancia en serie.





Arrancador con relevador de sobrecarga de estado sólido (lado izquierdo)  
 Arrancador con contactor de tres polos (lado derecho).

### **Transformadores para disminuir la corriente de arranque.**

En el momento del arranque (cuando la velocidad vale cero) un motor de inducción se comporta como una impedancia de valor bajo, razón por la cual la corriente de arranque es grande. Una vez que el motor empieza a girar el valor de esta impedancia se incrementa, por lo que la corriente de arranque disminuye. La condición más crítica es cuando la velocidad vale cero. Si se usa un transformador (o autotransformador) se puede disminuir la corriente de arranque que pasa por el motor en la misma proporción en la que se reduce el voltaje aplicado al motor. Sin embargo en el alimentador al cual se conecta el transformador la corriente será menor por la acción reductora de corriente del transformador.

Como ejemplo tomemos el caso de un transformador con una relación de vueltas de 2. ( $N1/N2 = 2$ ). La corriente de arranque por el motor se reduce a la mitad porque se le está aplicando la mitad del voltaje, pero en la entrada del transformador la corriente será la mitad de la que existe en la salida o sea que se reduce otra vez a la mitad dando un resultado global de  $1/4$  de la corriente que el motor tomaría si no se usara el transformador. Precisamente la corriente que nos interesa disminuir es la del alimentador para que no provoque una caída de voltaje tan grande en el alimentador.

Al usar impedancias en serie de suficiente valor para bajar el voltaje en el motor a la mitad, la corriente del alimentador se reduce solo a la mitad. Otra forma de verlo es que al usar autotransformador con relación de vueltas de 2, la impedancia del motor se refleja hacia el alimentador con un valor cuatro veces el valor de la impedancia del motor.

### **Cálculo de arrancadores con impedancia en serie.**

Para poder realizar este cálculo se debe determinar el valor de la impedancia que presenta el motor en el momento del arranque. Esto se puede determinar si se conoce la corriente que el motor toma en el arranque cuando se le aplica voltaje nominal, así como el factor de potencia bajo estas condiciones (típicamente entre 0.3 y 0.5).

El primer valor se puede determinar si se conoce la letra de código del motor. Esta letra generalmente aparece entre los datos de placa del motor. Con esta letra y la tabla que se muestra a continuación se conocen los KVA bajo condiciones de rotor bloqueado o sea bajo condiciones de cero velocidad cuando se le aplica voltaje nominal.

### **Selección de un arrancador.**

En motores de inducción trifásicos a veces es necesario limitar la corriente de arranque para no afectar a otras cargas conectadas al mismo alimentador. La corriente de arranque se puede limitar mediante el uso de impedancias en serie en cada línea del motor o mediante el uso de transformadores que reduzcan el voltaje aplicado al motor. (Usando autotransformadores es más económico).

El primer caso es el que se tratará en este trabajo, sin embargo el uso de autotransformadores frecuentemente da mejores resultados, por lo cual conviene explicar sus ventajas y luego pasaremos al cálculo de los valores de impedancia que se deben agregar en serie cuando se usa impedancia en serie.

La resistencia de la armadura en un motor de corriente directa es muy pequeña. En consecuencia, cuando un motor de corriente directa se acopla directamente con su voltaje de régimen, fluye en exceso a través de la armadura. En esta condición el flujo de corriente directa a través de la armadura puede ser 25 veces la corriente de carga total. La corriente de arranque puede limitarse 1.5 veces la corriente de carga total.

Mediante la conexión de un resistor en serie con la armadura. Se produce una f.c.e.m. (fuerza contra electromotriz) cuando la armadura comienza a girar en el campo magnético. Esta fuerza comienza a aumentar cuando se incrementa la velocidad del motor. Esto resulta en una reducción de la corriente en la armadura.

En la siguiente sección, se presenta la información un arrancador que el fabricante proporciona al cliente al momento de comprar un arrancador con las características y ajustes a realizar en su producto esto con el fin de que trabaje en sus condiciones óptimas de funcionamiento. El hacer caso omiso de estas al momento de instalarlo, tendrá repercusiones en el sistema del que forme parte, ocasionando un funcionamiento que repercuta a cierto plazo en fallas que pueden evitarse tomando las precauciones indicadas por el fabricante.





Arrancadores electrónicos suaves a tensión reducida.

Son arrancadores suaves para aplicaciones estándar en redes monofásicas y trifásicas. Gracias a su función de rampa de tensión se reduce la intensidad de conexión y disminuye de forma efectiva el par del motor en el momento de arranque, lo que protege la carga y la red de alimentación.

Gracias al control en dos fases se mantiene la intensidad de las tres fases en los valores mínimos durante el arranque completo. Los picos indeseados de intensidad y par que, por ejemplo, se generan en los arranques estrella-delta (triángulo), no aparecen debido a la continua influencia sobre la tensión.

En la figura anterior se muestran los cuatro tamaños de arrancadores que forman parte de un sistema modular y cubren las siguientes gamas de potencia:

Tamaño	Para motores trifásicos Potencia con 400 V	Para motores monofásicos Potencia con 230 V
S00	1,1 a 4 Kw	-
S0	5,5 a 11 Kw	4 Kw
S2	15 a 22 Kw	5,5 Kw
S3	55 a 30 Kw	11 Kw

Son utilizados para arranque suave de motores monofásicos hasta 75 A (equivale a 11 Kw a 230 V).

### Características.

- Arranque suave con rampa de tensión; el rango de ajuste de la tensión inicial  $U_s$  puede ajustarse desde el 40 % hasta el 100 % y el tiempo de rampa  $t_R$  desde 0 s a 20 s.
- Parada suave con rampa de tensión; el tiempo de la rampa  $t_{aus}$  se puede variar de 0 s a 20 s. La tensión de desconexión  $U_{aus}$  depende de la tensión inicial  $U_s$  seleccionada.

- Los ajustes se realizan con tres potenciómetros.
- Montaje y puesta en marcha sencillos.
- Tensiones de red desde 50/60Hz  
200 V a 575 V
- Dos ejecuciones de tensión de mando 24 V UC y 110 V a 230 V C
- Amplio rango de temperatura -25 °C a + 60 °C
- Contacto de puenteo integrado para minimizar las pérdidas de potencia.
- Dos contactos auxiliares integrados en los tamaños S0, S2 y S3 garantizan un mando confortable y un posible postprocesamiento en la instalación.

Los arrancadores mostrados, ofrecen las siguientes posibilidades de ajuste:

Ajuste	Para motores trifásicos	Para motores monof.
	Tipo3RW30	Tipo3RW30
Tiempo de arranque 1 en la gama de 0 a 20s	sí	sí
Tiempo de arranque 2 en la gama de 0 a 20s	no	no
Tiempo de parada en la gama de 0 a 20 s	sí	no
Tensión inicial en la gama de aprox. 40 a 100 %	sí	sí

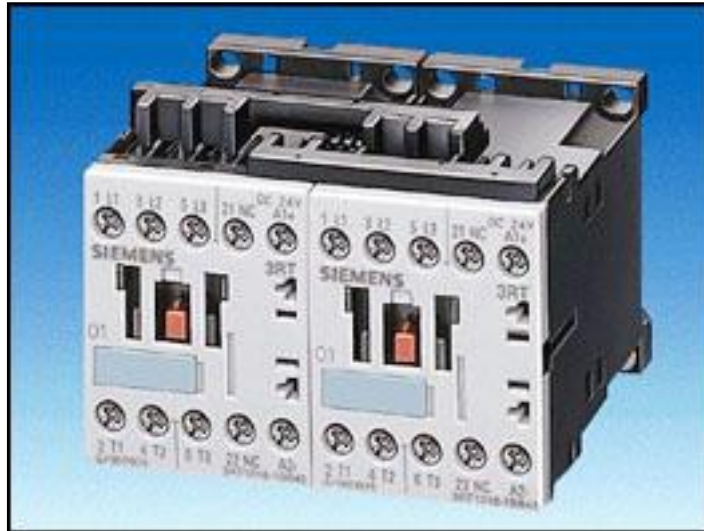
Los arrancadores electrónicos de motores están diseñados para arranques normalizados. Para funcionar con condiciones diferentes o en caso de una frecuencia de arranque mucho mayor puede ser necesario seleccionar un equipo de mayor tamaño. Para efectuar el dimensionamiento adecuado deberán tenerse en cuenta estas circunstancias especiales de arranque.

Se deben observar las frecuencias de maniobra máximas indicadas en los datos técnicos, entre el arrancador suave y el motor, no puede haber elementos capacitivos que puedan variar la velocidad.

Todos los elementos del circuito principal (como fusibles, aparatos de maniobra y relés de sobrecarga) deberán ser correspondientemente dimensionados para el arranque directo y para las condiciones locales de cortocircuito y ser pedidos por separado.

Este tipo de arrancador es igual de sencillo que el arrancador suave, con esta variante se puede conectar motores trifásicos asíncronos con una potencia nominal de hasta 1050 Kw (Con 400 V). El aparato estándar lleva integrada la función de

arranque y parada suaves. Sus principales ventajas son la rápida puesta en funcionamiento, el tamaño mínimo y el sencillo montaje.



La operación y puesta en funcionamiento puede ser de tipo convencional, por medio de interruptores y potenciómetros, o confortable con un PC corriente y puerto RS232.

#### **Cálculo de arrancadores con impedancia en serie.**

Para poder realizar este cálculo se debe determinar el valor de la impedancia que presenta el motor en el momento del arranque. Esto se puede determinar si se conoce la corriente que el motor toma en el arranque cuando se le aplica voltaje nominal, así como el factor de potencia bajo estas condiciones (típicamente entre 0.3 y 0.5).

El primer valor se puede determinar si se conoce la letra de código del motor. Esta letra generalmente aparece entre los datos de placa del motor. Con esta letra y la tabla que se muestra a continuación se conocen los KVA bajo condiciones de rotor bloqueado o sea bajo condiciones de cero velocidad cuando se le aplica voltaje nominal.

$I_{\text{arranque a } V_n} = (KVA_{\text{rotor bloqueado}} / KVA_{\text{nominales}}) I_{\text{nominal}}$

$KVA_{\text{rotor bloqueado}} = \text{Valor de rango de Tabla} * HP_{\text{motor}}$



## LETRAS DE CODIGO INDICADORAS DE ROTOR BLOQUEADO

LETRA	RANGO DE KVA POR HP DE CODIGO BAJO ROTOR BLOQUEADO
A	0.00 a 3.14
B	3.15 a 3.54
C	3.55 a 3.99
D	4.00 a 4.49
E	4.50 a 4.99
F	5.00 a 5.59
G	5.60 a 6.29
H	6.30 a 7.09
J	7.10 a 7.99
K	8.00 a 8.99
L	9.00 a 9.99
M	10.0 a 11.19
N	11.2 a 12.49
P	12.5 a 13.99
R	14.0 a 15.99
S	16.0 a 17.99
T	18.0 a 19.99
U	20.0 a 22.39
V	22.4 Y MAYORES

Con esta información se puede determinar la impedancia del motor como:

$$Z_M = V_{LL \text{ nominal}} / (1.732 I_{\text{arranque}})$$

El ángulo de esta impedancia

$$\theta = \text{Cos}^{-1}(\text{factor de potencia de rotor bloqueado})$$

Con estos valores se puede determinar la parte real de esta impedancia y la parte imaginaria:

$$Z_M = R_M + j X_M \quad R_M = Z_M \text{ Cos } \theta \quad X_M = Z_M \text{ Sin } \theta$$

Además de estos valores se debe conocer a que valor de corriente se desea reducir la corriente deseada y qué tipo de impedancia se desea agregar en serie.

Normalmente o se agrega reactancia o resistencia.

$$I_{\text{deseada}} = 0.577 V_{LL \text{ nominal}} / Z_{\text{total}}$$

$$Z_{\text{total}} = 0.577 V_{LL \text{ nominal}} / I_{\text{deseada}}$$

$$Z_{\text{total}} = Z_{\text{externa}} + Z_M$$

$$Z_{total} = [(R_{externa} + RM)^2 + (X_{externa} + XM)^2]^{0.5}$$

Si se desea agregar resistencia en serie ( $X_{externa} = 0$ ):

$$R_{externa} = [Z_{total}^2 - XM^2]^{0.5} - RM$$

Si se desea agregar reactancia en serie ( $R_{externa} = 0$ ):

$$X_{externa} = [Z_{total}^2 - RM^2]^{0.5} - XM$$

Se debe tener especial cuidado de no reducir demasiado la corriente de arranque, ya que en la misma proporción que se reduce la corriente de arranque se está reduciendo el voltaje aplicado al motor y el par de arranque del motor depende de este voltaje al cuadrado. Puede ocurrir que si se reduce demasiado el voltaje al motor, el par de arranque no permita que el motor empiece a girar o que el proceso de arranque sea muy lento, lo cual puede provocar que el motor se sobrecaliente y sufra daños (sí la corriente se redujo a un valor mayor que la corriente nominal).

A continuación se muestra una lista de precios de los arrancadores fabricados por SIEMENS con la intención de que se pueda observar la diferencia de costo entre uno y otro al seleccionar el más adecuado para la protección de nuestro motor. En estas listas no es necesaria realizar ninguna conversión para la selección del arrancador.

## Lista: SIEMENS

### ARRANQUES PARA MOTORES

#### Parte 1 de 2

Código	Descripción	Precio por	Precio por	Unidades en
Artículo	Artículo	Envase Cerrado	Unidad Suelta	Envase
E3TE40	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE40 15HP SIEMENS</a>	\$509.095	\$509.095	1
E3TE42	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE42 20HP SIEMENS</a>	\$578.833	\$578.833	1
E3TE44	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE44 40HP SIEMENS</a>	\$1,028.650	\$1,028.650	1
E3TE46	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE46 60HP SIEMENS</a>	\$1,128.028	\$1,128.028	1
E3TE48	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE48 100HP SIEMENS</a>	\$2,158.421	\$2,158.421	1

E3TE50	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE50 150HP SIEMENS</a>	\$3,190.484	\$3,190.484	1
E3TE52	<a href="#">ARRA. EST/TRIA. S/PR 3TE52 220HP SIEMENS</a>	\$6,014.848	\$6,014.848	1
015155	<a href="#">SIKOSTART 11 KW 40iC 3RW2225-1AB05</a>	\$1,878.304	\$1,878.304	1
015156	<a href="#">SIKOSTART 15 KW 40iC 3RW2226-1AB05</a>	\$2,190.806	\$2,190.806	1
015157	<a href="#">SIKOSTART 18.5 KW 40iC 3RW2227-1AB05</a>	\$2,437.518	\$2,437.518	1
015158	<a href="#">SIKOSTART 22 KW 40iC 3RW2228-1AB05</a>	\$2,870.087	\$2,870.087	1
015159	<a href="#">SIKOSTART 25 KW 40iC 3RW2230-1AB05</a>	\$3,245.090	\$3,245.090	1
015160	<a href="#">SIKOSTART 37 KW 40iC 3RW2231-1AB05</a>	\$3,444.105	\$3,444.105	1
015161	<a href="#">SIKOSTART 55 KW 40iC 3RW2234-0DB15</a>	\$4,786.220	\$4,786.220	1

**Lista: SIEMENS**

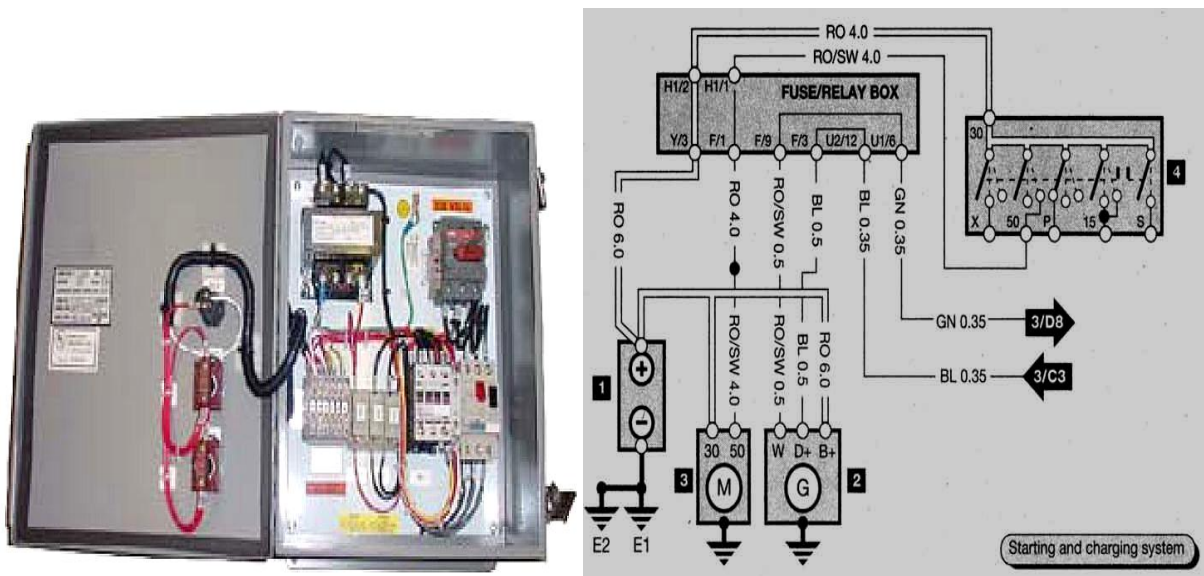
**Título: ARRANQUES PARA MOTORES**

**Parte 2 de 2**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio por</b>	<b>Precio por</b>	<b>Unidades</b>
<b>Artículo</b>	<b>Artículo</b>	<b>Envase Cerrado</b>	<b>Unidad Suelta</b>	<b>en Envase</b>
015163	<a href="#">SIKOSTART 90 KW 40iC 3RW2236-0DB15</a>	\$7,348.739	\$7,348.739	1
015164	<a href="#">SIKOSTART 132 KW 40iC 3RW2238-0DB15</a>	\$9,240.201	\$9,240.201	1
015165	<a href="#">SIKOSTART 160 KW 40iC 3RW2240-0DB15</a>	\$12,181.012	\$12,181.012	1
015166	<a href="#">SIKOSTART 200 KW 40iC 3RW2241-0DB15</a>	\$14,725.440	\$14,725.439	1
015167	<a href="#">SIKOSTART 250 KW 40iC 3RW2242-0DB14</a>	\$15,463.932	\$15,463.932	1
046837	<a href="#">SIRIUS 6 A 3 kW 3RW3014-1CB14</a>	\$480.267	\$480.267	1

046838	<a href="#">SIRIUS 9 A 4 kW 3RW3016-1CB14</a>	\$610.202	\$610.202	1
046840	<a href="#">SIRIUS 16 A 7,5kW 3RW3025-1AB14</a>	\$723.689	\$723.689	1
046841	<a href="#">SIRIUS 25 A 11 kW 3RW3026-1AB14</a>	\$797.703	\$797.703	1
046842	<a href="#">SIRIUS 32 A 15 kW 3RW3034-1AB14</a>	\$1,289.483	\$1,289.483	1
046843	<a href="#">SIRIUS 38 A 18,5kW 3RW3035-1AB14</a>	\$1,429.287	\$1,429.287	1
046845	<a href="#">SIRIUS 63 A 30 kW 3RW3044-1AB14</a>	\$2,074.029	\$2,074.028	1
046856	<a href="#">SIRIUS 75 A 37 kW 3RW3045-1AB14</a>	\$2,179.293	\$2,179.292	1
046857	<a href="#">SIRIUS 100 A 55 kW 3RW3046-1AB14</a>	\$2,353.636	\$2,353.636	1

El precio variará dependiendo, si se obtiene directamente del fabricante o de algún proveedor comercial; estas dos listas de arrancadores variaran en su precio, ya que la anterior fue hecha hace 15 años. Que fue cuando se comenzó a obtener información para el presente trabajo y la lista mas reciente del año 2012. La siguiente tabla contiene precios que se cotizaron al momento de realizar este trabajo. La diferencia entre una y otra lista será notoria, ya que las dos corresponden al mismo fabricante e incluso a la mismas características del arrancador. Se muestran las 2 a manera de ilustración solamente.



Los arrancadores a tensión plena (ATP) S salen completamente armados de fábrica y listos para ser instalados. Su aplicación se encuentra en motores pequeños

desde 0.25/0.33 hasta 10/20 HP en 220/440 VCA y más a voltajes mayores. Se conecta a la línea y a la carga y listo, no necesita nada más, en la siguiente lista solo se incluirán los que son para aplicaciones industriales a partir de 5 HP.

**Catálogo \* Empaque Precio**  
**No. Act. por caja Unitario**  
**Siemens S.A. de C.V.**  
**Arrancador a Tensión Plena 3RS**  
**Tamaño S2 con botón doble**

ATP 10 HP - 220 V S2 A7B10000002758 1 pza.. 5,731  
ATP 20 HP - 440 VS2 A7B10000002760 1 pza.. 5,731  
ATP 15 HP - 220 VS2 A7B10000002761 1 pza.. 6,341  
ATP 30 HP - 440 V S2 A7B10000002763 1 pza.. 6,341  
ATP 25 HP - 440 V S2 A7B10000002762 1 pza.. 6,341  
ATP 20 HP - 220 V S3 A7B10000002765 1 pza.. 7,605  
ATP 40 HP - 440 V S3 A7B10000002764 1 pza.. 7,605  
ATP 25 HP - 220 VS3 A7B10000002766 1 pza.7,605  
ATP 50 HP - 440 V S3 A7B10000002767 1 pza.7,605



ATP 10 HP - 220 V S2 A7B10000002758 1 pza. 5,731  
ATP 10 HP - 440 V S0 A7B1000000275 1 pza. 4,596  
ATP 20 HP - 440 V S2 A7B10000002760 1 pza. 5,731  
ATP 15 HP - 220 V S2 A7B10000002761 1 pza. 6,341  
ATP 30 HP - 440 V S2 A7B10000002763 1 pza. 6,341  
ATP 25 HP - 440 V S2 A7B10000002762 1 pza. 6,341  
ATP 20 HP - 220 V S3 A7B10000002765 1 pza. 7,605  
ATP 40 HP - 440 V S3 A7B10000002764 1 pza. 7,605  
ATP 25 HP - 220 V S3 A7B10000002766 1 pza.7,605  
ATP 50 HP - 440 V S3 A7B10000002767 1 pza. 7,605

## Siemens SA de CV Baja Tensión I IA CD

Catálogo \* Empaque Precio

Descripción No.Act por caja Unitario

Con interruptor termomagnético integrado

Arrancadores a tensión plena con interruptor termomagnético integrado y equipo SIRIUS

ATP 5 HP - 220 V S0 A7B10000002755	1	pza.	4,596
ATP 10 HP - 440 V S0 A7B10000002756	1	pza.	4,596
ATP 7.5 HP - 220 V S2 A7B10000002757	1	pza.	5,535
ATP 15 HP - 440 V S2 A7B10000002759	1	pza.	5,535
ATP 10 HP - 220 V S2 A7B10000002758	1	pza.	5,731
ATP 20 HP - 440 V S2 A7B10000002760	1	pza.	5,731
ATP 15 HP - 220 V S2 A7B10000002761	1	pza.	6,341
ATP 30 HP - 440 V S2 A7B10000002763	1	pza.	6,341
ATP 25 HP - 440 V S2 A7B10000002762	1	pza.	6,341
ATP 20 HP - 220 V S3 A7B10000002765	1	pza.	7,605
ATP 40 HP - 440 V S3 A7B10000002764	1	pza.	7,605
ATP 25 HP - 220 V S3 A7B10000002766	1	pza.	7,605
ATP 50 HP - 440 V S3 A7B10000002767	1	pza.	7,605

## **CAPITULO 6.**

### **SELECCIÓN DE UN MOTOR.**

Para justificar la selección en base al estudio económico de los motores de una clase u otra, debemos de basarnos en las siguientes condiciones:

Aquel motor que cumpla con la mayor parte de las condiciones que se le impongan y tenga el menor costo de adquisición, estará con esto también justificando su economía, ya que el servicio que preste se estará aprovechando en un 100%, además de la eficiencia, conforme a las condiciones de servicio y diseño para lo que fue destinado.

Algo muy importante es que si por alguna razón se hiciera caso omiso de las características y condiciones de trabajo, forma de operación, protección, así como tipo de motor y otros aspectos de importancia anotados anteriormente y se escogiera al arbitrio un motor que no fuera de acuerdo y que no cubriera las necesidades, tanto el costo de instalación, como el servicio del motor pueden estar dando altos costos de operación y de servicio dando como consecuencia un sistema antieconómico.



Resultado directo de lo anterior será que los equipos y circuitos estén fallando, si los métodos de protección no son los adecuados se pueden presentar fallas que perjudicaran a todo el sistema, como efectos de corto circuito, o que se quemara la máquina por alguna mala operación del motor elegido, por no tenerse en cuenta las características de trabajo que va a realizar y a la carga que tendrá instalada.

#### **Características de operación del motor:**

Existen 5 parámetros que definen las características de operación de un motor:

1. -Velocidad en RPM.
2. - Capacidad en HP.
3. -Par en Kg-f-m.
4. -Corriente de arranque o máxima.
5. -Aumento de temperatura.

Los tres primeros se discutirán a continuación.

Los dos últimos parámetros cubren y características del motor en sí.

En la práctica debemos adecuar la velocidad del motor, su capacidad y sus características de par a la carga y después cerciorarnos que el motor opera dentro de los límites de corriente y de temperatura.

Cada una de estos parámetros se combinan con los demás para producir un resultado total satisfactorio.

### **Interrelación entre Potencia, Par y la velocidad:**

- F = Fuerza en kilogramos fuerza.
- d = Distancia en metros.
- t = Tiempo en minutos.
- T = Par de arranque.
- RPM = Velocidad angular en revoluciones por minuto.

$$\text{Potencia} = Fd/t = 2T \times \text{RPM} \quad \text{Kgmts/min.}$$

$$1\text{HP} = 75 \text{ kgmts/seg.} = 4500 \text{ kgmts/min.}$$

$$\text{Potencia en HP} = (T \times \text{RPM} \times 2) / 4500.$$

Esta fórmula muestra la interrelación entre la potencia, el par y la velocidad. Esta fórmula es importante al seleccionar motores.

Supongamos por ejemplo que se requiere un motor de 10 HP y que tiene una velocidad de operación de 1160 RPM. El cliente pide un motor de esa capacidad, 6 poleas, que a la frecuencia de 60 Hz. dé precisamente esa velocidad, para transmitir con bandas V y poleas con relación de diámetro de 1:1, sin embargo, el ingeniero que ha comprendido la importancia de la fórmula anterior, puede demostrarle al cliente como ahorrar dinero al cambiar la relación de poleas usando un motor un de la misma potencia, pero de mayor velocidad. Puede probar que seleccionando un motor de dos polos con 3475 RPM puede usarse una polea de 1/3 del diámetro original, o sea una relación de poleas de 1:1.5.

También se puede proponer un motor de 4 polos con 1745 RPM y una relación de poleas de 1:1.5.

A continuación he listado el costo relativo de tres motores de 10HP. El motor de 6 polos tiene más cobre y hierro para poder desarrollar un par mayor que los motores de 2 y 4 polos veremos que esto implica que tenga un costo mayor que los otros dos. Para realizar esta comparación usaremos la tabla de cotización de SIEMENS No. 2 (Se tomara el motor de 4 polos como base comparativa).



### Costo comparativo de motores de 10 HP abiertos.

Costo relativo de motores de 10 HP. abiertos			
Polos	Velocidad en la flecha a 60 HH. RPM	Armazón	Costo relativo
2	3000	213T	\$ 593.754
4	1500	215T	\$644.742
6	1000	256T	\$1,121.719

Si el cliente puede usar un motor de mayor velocidad, el ahorro es evidente y además el motor será más ligero y más fácil de montar.

Las únicas precauciones por tomar con motores de más alta velocidad, es el de comprobar que la flecha es adecuada para transmitir por banda también, si el sentido de rotación del motor tiene que invertirse, frecuentemente los motores de alta velocidad tienen menos capacidad térmica para ello que los motores de baja velocidad.

#### **Factor de servicio:**

La capacidad en HP estampada en la placa del motor no necesariamente indica la capacidad máxima, excepto cuando el factor de servicio es igual a uno, por ejemplo 1.15, el motor podrá sobrecargarse sin peligro un 15% por arriba de su capacidad nominal en forma continua, sin embargo, es importante hacer notar que el factor de servicio solo es aplicable cuando prevalecen y se mantienen las condiciones de tensión y de frecuencia establecidas en la placa. También es preciso advertir al cliente, que al aplicar el factor de servicio aumentara la temperatura de operación del motor y afectara la vida útil del devanado, el factor de potencia, la eficiencia y la velocidad.

En general son tres los datos básicos que hay que conocer de una máquina para seleccionar un motor y son:

- a) La velocidad o velocidad de operación.
- b) La capacidad requerida en caballos.
- c) Los pares requeridos en puntos críticos del ciclo de operación.

Velocidad. La velocidad debe calcularse con relación a la velocidad de la flecha del motor: Tómese en cuenta que el par varía en proporción inversa a la velocidad angular en el caso de transmisiones con engranes, bandas o cadenas.

Además la maquina puede requerir de:

- a) una sola velocidad
- b) Dos o más velocidades fijas.
- c) Velocidad infinitamente ajustable

Potencia en H.P. este dato generalmente es más difícil de determinar que la velocidad, sin embargo hay tres maneras fundamentales de obtenerla.

1. - Por especificaciones o datos de placa.
2. - Realizando una prueba que consiste en utilizar un motor de características conocidas que se encuentre trabajando en una operación similar, midiendo con un wattórimetro la potencia de entrada al motor, se deduce la potencia en la entrada mediante la siguiente expresión.

$$\text{HP en la Entrada} = (\text{KW de Entrada} \times \text{Eficiencia del Motor}) / .746$$

3. -Comparación. Este método se utiliza cuando las anteriores resultan imprácticos. Se hace una comparación cuidadosa de la maquina a propulsarse con maquinas similares cuyas necesidades de potencia sean conocidas. Este resulta ser él más errático de los tres métodos.

Pares: Los requerimientos de par de la maquina a moverse, deben conocerse en tres condiciones adicionales a las del par a plena carga, estas son:

1. - Par de arranque: Este es esencialmente importante en cargas de alta fricción, tales como compresores cargados, prensas troqueladoras con volantes pesados, molinos de bolas desmenuzadores de troncos en la industria de papel.
2. - Par de aceleración. En cargas de alta inercia tales como las mencionadas anteriormente.
- 3.- Par máximo: En el caso de las cargas variables, el motor debe ser capaz de desarrollar suficiente par para prevenir que el mismo se frene o se sienta cuando la demanda de energía por parte de la máquina es máxima.

### **Recomendaciones sobre la selección de un motor.**

El primer paso es analizar sus características de par, Las cargas mecánicas activadas por los motores eléctricos, como segundo paso para la selección de un motor es determinar la carga que hay que mover y son muy diversas:

- Elevadores.
- Transportadores.
- Bombas de fluidos.
- Ventiladores.
- Compresores.
- Máquinas de herramienta, entre otros.

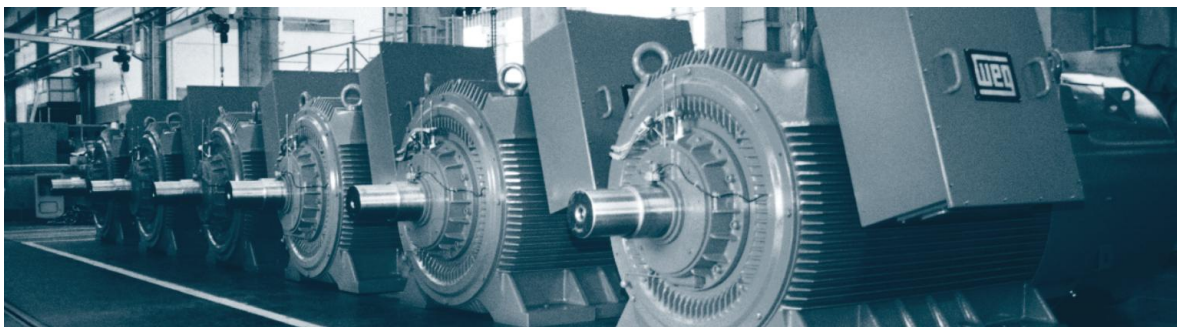
Existen otras muchas aplicaciones, pero cabe el destacar que cualesquiera que sea la carga a mover, es de gran importancia realizar una correcta selección de un

motor eléctrico que ha de accionarla, Y que recordemos que estos operan con una mayor eficiencia mientras estén dentro del rango del 75 al 100% de su potencia nominal.

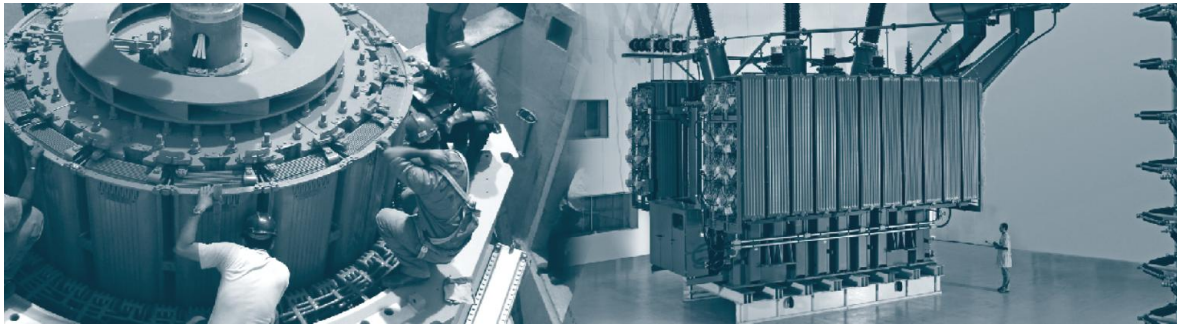
1. - Es importante que el motor que se elija, cubra la mayor parte o de preferencia la totalidad de las condiciones con que cumple nuestro motor originalmente de esta manera podremos garantizar que tendremos de él su mayor eficiencia y también un rendimiento más efectivo.
2. - Que la capacidad de la carga aplicada vaya de acuerdo con la capacidad de carga del diseño del motor, que debe contar con un pequeño margen de seguridad en las aplicaciones que se le den.
3. - Que la capacidad que presenten las protecciones y los métodos de arranque vayan de acuerdo con el tipo de trabajo y operación que tenga el motor dentro del sistema del que forme parte.
4. - Este punto está relacionado con el anterior ya que es importante el método de arranque cumpla con las características presentadas en la placa del motor, que se encuentra especificadas de acuerdo con las normas.
5. En lo relacionado con el mantenimiento se debe observar que tanto como el motor como la maquina pueda tener periodos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, para que se obtenga de estos la máxima eficiencia y se alargue su tiempo de vida. Se recomienda el llevar un control de este mediante tablas de trabajo en las que se pueda evaluar frecuentemente los récords establecidos.

### **Generalidades de selección del tamaño adecuado de un motor.**

El problema de la aplicación de motores de inducción, se reduce esencialmente a determinar con el máximo cuidado los siguientes factores importantes en la selección de motores.



1. - Características de la carga y del motor tales como: El acoplamiento del motor a la carga, velocidad, capacidad en HP, pares requeridos, características de inercia, aceleración y ciclo de trabajo.
2. - Sistemas de arranque de motor con relación a la fuente de energía alimentador, tales como, variaciones permisibles de la tensión al aplicar la corriente de arranque y capacidad requerida en HP.



3. - Condiciones ambientales tales como: temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, abuso mecánico y contaminantes. Estos factores determinan el tipo de aislamiento, así como la cubierta o protección del motor.



### **Características de la carga del motor por el método de acoplamiento.**

En general podemos dividir los sistemas de transmisión en: Transmisión con acoplamiento directo y transmisión mediante polea.

El acoplamiento directo solo es práctico si la carga se puede accionar a la misma velocidad que el motor, como sucede en bombas, compresores centrífugos y motogeneradores. Para estas aplicaciones lo más conveniente es usar motor con extensión de flecha corta. Por lo que se refiere al problema mecánico del acoplamiento en sí, es necesario nivelar, alinear y anclar perfectamente el equipo completo. Para evitar problemas de desacople alguno.

Cuando la velocidad de la maquina impulsada es menor que la velocidad del motor es necesario recurrir a otros métodos de transmisión y reducción de velocidad. Los métodos más usados son: transmisión por bandas planas, bandas tipo V, cadenas o engranes.

Transmisión por banda o por cadena:

Al aplicar Estos métodos de transmisión y reducción de velocidad a motores, deben comprobarse siempre dos factores.

- a) Carga radial adicional sobre la chumacera o rodamiento del motor.
- b) Carga combinada de flexión y torsión sobre la extensión de flecha.

Los limite prácticos establecidos por la NEMA para este tipo de transmisiones, para asegurar buena vida en las chumaceras y prevenir esfuerzos excesivos en la flecha, son como sigue:

En el caso de transmisión por banda V o por banda plana, es necesario prever un dispositivo para ajustar la tensión. Esto puede ser base de rieles deslizantes. La tendencia natural de la mayoría de los mecanismos es ajustar las bandas demasiado tensas. Una regla práctica que debe recordarse es que la banda o bandas que no patinan al arrancar la carga, están demasiado tensas, esto acorta considerablemente la vida de las chumaceras y puede causar vibración o fractura de la flecha.

### **Método acoplamiento directo.**

Las estadísticas demuestran que solamente el 20% de las maquinas movidas por un motor eléctrico operan a la misma velocidad que este. Cuando el motor se acopla directamente a la carga, las condiciones de aplicación son distintas cuando se usa una transmisión interna para aumentar o disminuir la velocidad

El acoplamiento directo solo es práctico si la carga se puede accionar a la misma velocidad que el motor, como sucede en bombas, compresores centrífugos y motogeneradores. Para estas aplicaciones lo más conveniente es usar motor con extensión de flecha corta. Por lo que se refiere al problema mecánico del acoplamiento en sí, es necesario nivelar, alinear y anclar perfectamente el equipo completo. Para evitar problemas de desacople alguno.

### **Ventajas de los motores de corriente directa.**

1. - Una característica de los motores especial de los motores de corriente directa o continua es que su velocidad puede variar entre limites muy amplios utilizando medios simples y económicos.
2. - Otra ventaja es que este tipo de motores tiene un par de arranque elevado, que varia casi con el cuadrado de la intensidad, para saturación baja.
3. - Los motores de corriente directa cuentan con sistemas de control simples y económicos.



### **Desventajas de los motores de corriente directa.**

1. - Entre las desventajas de este tipo de motores está la de que depende tener necesariamente una fuente especial para su alimentación.
2. - Una desventaja importante la presentan los motores tipo serie, ya que es peligroso que se queden sin carga puesto que pueden desbocarse.
3. - Los motores tipo derivado tienen la desventaja de que si se abre el campo también pueden desbocarse.

### **Ventajas de los motores de inducción.**

1. -Tienen un costo inicial bajo.
2. - Su velocidad se conserva casi constante para diferentes cargas.
3. - Su rotor tiene una construcción simple.
4. - Se presentan en ellos grandes posibilidades de sobrecarga.
5. - Son compactos y ocupan poco espacio para su instalación.
6. - No producen chispas que pudieran provocar incendios.
7. - Llevan poco equipo de control, ya que no necesitan control en el rotor.
8. - Se puede hacer desarrollar un alto par de arranque con corriente de arranque baja, además puede operar a plena carga con pequeño deslizamiento y buena eficiencia.
9. - se puede cambiar el deslizamiento, cambiando la resistencia del motor.

### **Desventajas de los motores de inducción.**

1. - Su corriente de arranque es relativamente alta.
2. - Es difícil regular el número de revoluciones.
3. - El par de arranque en un motor dado es fijo.
4. - El factor de potencia es bajo, cuando la carga es poca.
5. - Es sensible a las oscilaciones de la tensión.

### **Ventajas del motor síncrono.**

1. - La velocidad es constante, independientemente de la condición de línea y de las fluctuaciones de carga.
2. - Es de alta eficiencia ya que no existen pérdidas por deslizamiento.
3. - El factor de potencia es variable, logrando esto mediante una excitación de campo adecuada; teniendo factor de potencia unitario y hasta adelantado.
- 4.-- A la vez que mejora un factor de potencia, desarrolla un trabajo mecánico.
5. - Hay posibilidad de usarlo directamente en alta tensión.

### **Motores Síncronos**

Los Motores Síncronos se dice que son motores optimizados, debido a sus características que presentan ventajas económicas y operacionales considerables las cuales son:

1. Corrección del factor de potencia
2. Velocidad constante con variación de carga
3. Alto rendimiento
4. Alta capacidad de torque
5. Potencias hasta 50.000 Kw
6. Tensiones hasta 13.800 V
7. Rotación: 180 a 1800 rpm



A pesar de la cantidad de ventajas que presenta. También tiene algunas desventajas en su uso; .por ello al igual que los demás tipos de motores tienen aplicaciones que dependen de sus características propias.



### **Desventajas del motor síncrono.**

1. - El par de arranque es nulo. El motor síncrono no puede arrancar por sí solo, puesto que el campo magnético giratorio tiene una velocidad síncrona y el rotor en reposo, en donde los polos del rotor son atraídos primero en un sentido y después en sentido contrario, teniendo como resultante un par nulo.
2. - Son más sensibles a las armónicas de tensión que los motores de inducción; puesto que pueden producirlas ellos mismos y causar ciertas perturbaciones a la red de alimentación.
3. - Se necesitan dos fuentes de energía para excitarlo, una corriente y otra corriente continua.
4. - Deben de estar acompañados de una excitatriz, lo cual eleva Su costo.
5. - Corren el riesgo de desconectarse y por ello es necesario tener mayor vigilancia que en los motores de inducción.
6. - Selección limitada de velocidad de rotación e imposibilidad de su regulación.

### **Motores de alta eficiencia.**

Estos motores están fabricados de manera especial para reducir sus pérdidas. Para lograrlo, diversos fabricantes, han realizando varias acciones entre las que se puede mencionar:

- Utilización de acero con mejores propiedades magnéticas.
- Reducción del entrehierro.
- Reducción del espesor de la laminación.
- Incremento en el calibre de los conductores.
- Utilización de ventiladores y sistemas de enfriamiento más eficientes.
- Utilización de mejores materiales aislantes.

El resultado ha sido el disponer de motores con pérdidas de hasta un 45% menores que la de los motores estándar. En la tabla siguiente se muestra la

comparación por consumo de energía, para un motor de 50 HP, considerado en un período de vida útil de 20 años.

### **Pérdidas en los motores.**

Las pérdidas segregadas en los motores se clasifican como sigue:

- Pérdidas  $I^2R$  en el estator (Campo en derivación y en serie  $I^2R$  para corriente continua).
- Pérdidas  $I^2R$  en el rotor ( $I^2R$  en la armadura, para corriente continua).
- Pérdidas en el núcleo.
- Pérdidas por cargas parásitas.
- Pérdidas por fricción y acción del viento.
- Pérdidas en el contacto de las escobillas (Rotor devanado y corriente continua).
- Pérdidas en el excitador (Sincrónico y corriente directa).
- Pérdidas por ventilación (Corriente directa).

Las pérdidas se calculan en forma separadas y luego se totalizan.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Salida}}{\text{Salida} + \text{Pérdidas}}$$

$$\text{Potencia Activa(KW)} = \frac{\text{Potencia Entregada(KW)}}{\text{Rendimiento}}$$

$$\text{Potencia Aparente(KVA)} = \frac{Pe(KW)}{R * \text{Cos}(\theta)} = \frac{\sqrt{3} * V * I}{1000}$$

$$\text{Potencia Re activa(KVAR)} = \frac{\text{Potencia Entregada(KW)} * \text{Tg}(\theta)}{R}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{P(KW) * 1000}{\sqrt{3} * V * \text{Cos}(\theta)} = \frac{Pe(KW) * 1000}{\sqrt{3} * V * R * \text{Cos}(\theta)}$$

Donde,

Pe: Potencia entregada.

P: Potencia absorbida.

R: Rendimiento.

q: Angulo del factor de potencia.

Para comprender mejor los beneficios que ofrecen las diferentes opciones de fabricantes de motores eléctricos, el usuario puede realizar desde un cálculo simple, hasta una completa evaluación económica que incluya análisis de costos por ciclos de vida. Al aumentar la cantidad de motores, la instalación eléctrica



crece, por lo que se requiere realizar un estudio, esto con el fin de reducir las pérdidas de energía.

### Selección del motor.

Datos básicos: en general son 3 los datos básicos que hay que conocer de una máquina para seleccionar el motor y son:

- a) La velocidad o velocidades de operación.
- b) La capacidad requerida en caballos.
- c) Los pares requeridos en puntos críticos del ciclo de operación.

Velocidad: La velocidad puede calcularse en relación a la velocidad de la flecha del motor. Tómese en cuenta que el par varía en proporción inversa a la velocidad angular en el caso de transmisiones con engranes, bandas o cadenas.

Además el motor puede requerir de:

- a) Una sola velocidad.
- b) Dos o más velocidades fijas.
- c) Velocidad infinitamente ajustable.

La velocidad en los motores de corriente continua está dada por la siguiente ecuación:

$$N = K \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

Siendo: N = Velocidad.

K = Constante.

V = Voltaje aplicado.

$\phi$  = flujo por polo.

$I_a$  = Corriente de armadura

$R_a$  = Resistencia de armadura

De la ecuación anterior se deduce que hay solamente dos factores que pueden hacerse variar para regular la velocidad sin introducir modificaciones en la disposición constructiva del motor. Estos factores son: la fuerza electromotriz.

$E = V - I_a R_a$  y el flujo  $\phi$ .

La velocidad en los motores de corriente alterna está dada por:

$$N = \frac{120 f}{P}$$

Siendo: N = Velocidad en revoluciones por minuto.  
 f = Frecuencia en ciclos por segundo.

A continuación se muestra una lista de precios de los motores fabricados por SIEMENS con la intención de que se pueda observar la diferencia de costo entre uno y otro al seleccionar el más adecuado de nuestro motor. En estas listas no es necesaria realizar ninguna conversión para la selección de un motor. Cabe destacar la diferencia en los precios debido a que las primeras corresponden a una lista del año 1997 cuando se comenzó a recabar información para el presente trabajo y las últimas corresponden a precios obtenidos en el año 2012.

#### LISTA DE PRECIOS SIEMENS 1997

Título: MOTORES TRIFASICOS.

Parte 1 de 7

Código	Descripción del	Precio por	Precio por	Unidad
Artículo	Artículo	Envase	Unidad	por
		Cerrado	Suelta	Envase
M70071	<a href="#">BRIDA PARA 073 014027 SIEMENS</a>	\$55.099	\$55.099	1
M70080	<a href="#">BRIDA PARA 083/083 014028 SIEMENS</a>	\$62.336	\$62.336	1
M70090	<a href="#">BRIDA PARA 095/096 014029 SIEMENS</a>	\$72.534	\$72.534	1
M70100	<a href="#">BRIDA PARA 106/107 014030 SIEMENS</a>	\$87.172	\$87.172	1
M70112	<a href="#">BRIDA PARA 113 014031 SIEMENS</a>	\$102.961	\$102.961	1
M70132	<a href="#">BRIDA PARA 130/134 014032 SIEMENS</a>	\$140.133	\$140.133	1
M70160	<a href="#">BRIDA PARA 163/166 014033 SIEMENS</a>	\$218.752	\$218.752	1
M70180	<a href="#">BRIDA PARA 183/184 014034 SIEMENS</a>	\$238.488	\$238.488	1
M70200	<a href="#">BRIDA PARA 206/207 014035 SIEMENS</a>	\$269.739	\$269.739	1
M70225	<a href="#">BRIDA PARA 220/223 014036 SIEMENS</a>	\$353.621	\$353.621	1
034683	<a href="#">ENCODER 1024 PULSOS 1XP80011</a>	\$1,918.000	\$1,918.000	1

M60010	<a href="#">MOT 1CV 1000rpm 093-620 014010 SIEMENS</a>	\$220.396	\$220.396	1
M40010	<a href="#">MOT 1CV 1500rpm 083-420 013987 SIEMENS</a>	\$158.389	\$158.389	1
M20010	<a href="#">MOT 1CV 3000rpm 080-220 013964 SIEMENS</a>	\$153.126	\$153.126	1

LISTA DE PRECIOS SIEMENS 1997.

Título: MOTORES TRIFASICOS

Parte 2 de 7

Código Artículo	Descripción del Artículo	Precio por Envase Cerrado	Precio por Unidad Suelta	Unidad por Envase
M40020	<a href="#">MOT 2CV 1500rpm 096-420 013989 SIEMENS</a>	\$226.647	\$226.647	1
M20020	<a href="#">MOT 2CV 3000rpm 095-220 013966 SIEMENS</a>	\$205.594	\$205.594	1
M60030	<a href="#">MOT 3CV 1000rpm 113-620 014013 SIEMENS</a>	\$393.095	\$393.095	1
M40030	<a href="#">MOT 3CV 1500rpm 106-420 013990 SIEMENS</a>	\$276.318	\$276.318	1
M20030	<a href="#">MOT 3CV 3000rpm 096-220 013967 SIEMENS</a>	\$226.976	\$226.976	1
M60040	<a href="#">MOT 4CV 1000rpm 130-620 014014 SIEMENS</a>	\$575.662	\$575.662	1
M40040	<a href="#">MOT 4CV 1500rpm 107-420 013991 SIEMENS</a>	\$315.792	\$315.792	1
M20040	<a href="#">MOT 4CV 3000rpm 106-220 013968 SIEMENS</a>	\$299.344	\$299.344	1
M60100	<a href="#">MOT 10CV 1000rpm 163-640 014017 SIEMENS</a>	\$1,121.719	\$1,121.719	1
M40100	<a href="#">MOT 10CV 1500rpm 133-440 013994 SIEMENS</a>	\$644.742	\$644.742	1
M20100	<a href="#">MOT 10CV 3000rpm 131-240 013971 SIEMENS</a>	\$593.754	\$593.754	1

M60150	<a href="#">MOT 15CV 1000rpm 166-640 014018 SIEMENS</a>	\$1,422.708	\$1,422.708	1
M40150	<a href="#">MOT 15CV 1500rpm 163-440 013995 SIEMENS</a>	\$1,115.140	\$1,115.140	1
M20150	<a href="#">MOT 15CV 3000rpm 163-240 013972 SIEMENS</a>	\$1,041.127	\$1,041.127	1

LISTA DE PRECIOS SIEMENS 1997.

Título: MOTORES TRIFASICOS

Parte 3 de 7

Código Artículo	Descripción del Artículo	Precio por Envase Cerrado	Precio por Unidad Suelta	Unidad por Envase
M40200	<a href="#">MOT 20CV 1500rpm 166-440 013996 SIEMENS</a>	\$1,199.022	\$1,199.022	1
M20200	<a href="#">MOT 20CV 3000rpm 164-240 013973 SIEMENS</a>	\$1,121.719	\$1,121.719	1
M60250	<a href="#">MOT 25CV 1000rpm 206-640 014020 SIEMENS</a>	\$2,424.360	\$2,424.360	1
M40250	<a href="#">MOT 25CV 1500rpm 183-440 013997 SIEMENS</a>	\$1,654.618	\$1,654.618	1
M20250	<a href="#">MOT 25CV 3000rpm 166-240 013974 SIEMENS</a>	\$1,332.247	\$1,332.247	1
M60300	<a href="#">MOT 30CV 1000rpm 207-640 014021 SIEMENS</a>	\$2,508.242	\$2,508.242	1
M40300	<a href="#">MOT 30CV 1500rpm 186-440 013998 SIEMENS</a>	\$1,830.606	\$1,830.606	1
M20300	<a href="#">MOT 30CV 3000rpm 183-240 013975 SIEMENS</a>	\$1,633.236	\$1,633.236	1
M60400	<a href="#">MOT 40CV 1000rpm 223-640 014022 SIEMENS</a>	\$3,674.370	\$3,674.370	1
M40400	<a href="#">MOT 40CV 1500rpm 207-440 013999 SIEMENS</a>	\$2,495.084	\$2,495.084	1
M20400	<a href="#">MOT 40CV 3000rpm 206-240 013976 SIEMENS</a>	\$2,373.373	\$2,373.373	1
M60500	<a href="#">MOT 50CV 1000rpm 253-6AA 014023 SIEMENS</a>	\$4,804.312	\$4,804.312	1

M40500	<a href="#">MOT 50CV 1500rpm 220-440 014000 SIEMENS</a>	\$3,649.699	\$3,649.698	1
M20500	<a href="#">MOT 50CV 3000rpm 207-240 013977 SIEMENS</a>	\$2,532.914	\$2,532.914	1

LISTA DE PRECIOS SIEMENS 1997.

Título: MOTORES TRIFASICOS

Parte 4 de 7

Código	Descripción	Precio por	Precio por	Unidad
Artículo	Artículo	Envase Cerrado	Unidad Suelta	por Envase
M40600	<a href="#">MOT 60CV 1500rpm 223-440 014001 SIEMENS</a>	\$3,912.858	\$3,912.858	1
M20600	<a href="#">MOT 60CV 3000rpm 223-240 013978 SIEMENS</a>	\$3,736.871	\$3,736.870	1
M60750	<a href="#">MOT 75CV 1000rpm 283-6AA 014025 SIEMENS</a>	\$6,939.198	\$6,939.197	1
M40750	<a href="#">MOT 75CV 1500rpm 253-4AA 014002 SIEMENS</a>	\$4,812.536	\$4,812.536	1
M20750	<a href="#">MOT 75CV 3000rpm 253-2AB 013979 SIEMENS</a>	\$5,146.420	\$5,146.420	1
M60015	<a href="#">MOT 1,5CV 1000rpm 096-620 014011 SIEMENS</a>	\$233.554	\$233.554	1
M40015	<a href="#">MOT 1,5CV 1500rpm 095-420 013988 SIEMENS</a>	\$200.660	\$200.660	1
M20015	<a href="#">MOT 1,5CV 3000rpm 083-220 013965 SIEMENS</a>	\$175.988	\$175.988	1
M60005	<a href="#">MOT 1/2CV 1000rpm 080-620 014008 SIEMENS</a>	\$167.764	\$167.764	1
M40005	<a href="#">MOT 1/2CV 1500rpm 073-420 013985 SIEMENS</a>	\$123.027	\$123.027	1
M20005	<a href="#">MOT 1/2CV 3000rpm 070-220 013962 SIEMENS</a>	\$123.192	\$123.192	1
M60003	<a href="#">MOT 1/3CV 1000rpm 073-620 014007 SIEMENS</a>	\$163.652	\$163.652	1

M40003	<a href="#">MOT 1/3CV 1500rpm 070-420 013984 SIEMENS</a>	\$119.737	\$119.737	1
M61100	<a href="#">MOT 110CV 1000rpm 310-6AA 014026 SIEMENS</a>	\$9,195.792	\$9,195.792	1

LISTA DE PRECIOS SIEMENS 1997

Título: MOTORES TRIFASICOS

Parte 5 de 7

Código	Descripción	Precio por	Precio por	Unidad
Artículo	Artículo	Envase Cerrado	Unidad Suelta	por Envase
M21100	<a href="#">MOT 110CV 3000rpm 280-2AC 013980 SIEMENS</a>	\$6,840.512	\$6,840.512	1
M41250	<a href="#">MOT 125CV 1500rpm 283-4AA 014004 SIEMENS</a>	\$7,213.870	\$7,213.870	1
M21250	<a href="#">MOT 125CV 3000rpm 283-2AC 013981 SIEMENS</a>	\$7,389.859	\$7,389.858	1
M41500	<a href="#">MOT 150CV 1500rpm 310-4AA 014005 SIEMENS</a>	\$9,781.324	\$9,781.323	1
M21500	<a href="#">MOT 150CV 3000rpm 310-2AC 013982 SIEMENS</a>	\$8,432.629	\$8,432.629	1
M41800	<a href="#">MOT 180CV 1500rpm 313-4AA 014006 SIEMENS</a>	\$10,365.210	\$10,365.209	1
M21800	<a href="#">MOT 180CV 3000rpm 313-2AC 013983 SIEMENS</a>	\$10,164.550	\$10,164.550	1
M60007	<a href="#">MOT 3/4CV 1000rpm 083-620 014009 SIEMENS</a>	\$182.568	\$182.568	1
M40007	<a href="#">MOT 3/4CV 1500rpm 080-420 013986 SIEMENS</a>	\$151.317	\$151.317	1
M20007	<a href="#">MOT 3/4CV 3000rpm 073-220 013963 SIEMENS</a>	\$132.073	\$132.073	1
M60055	<a href="#">MOT 5,5CV 1000rpm 133-620 014015 SIEMENS</a>	\$598.689	\$598.689	1
M40055	<a href="#">MOT 5,5CV 1500rpm 113-420 013992 SIEMENS</a>	\$396.384	\$396.384	1
M20055	<a href="#">MOT 5,5CV 3000rpm 113-220 013969 SIEMENS</a>	\$383.654	\$383.654	1

M60075	<a href="#">MOT 7,5CV 1000rpm 134-640 014016 SIEMENS</a>	\$715.466	\$715.466	1
--------	--	-----------	-----------	---

LISTA DE PRECIOS SIEMENS 1997.

Título: MOTORES TRIFASICOS

Parte 6 de 7

Código	Descripción	Precio por	Precio por	Unidad
Artículo	Artículo	Envase Cerrado	Unidad Suelta	por Envase
M20075	<a href="#">MOT 7,5CV 3000rpm 130-240 013970 SIEMENS</a>	\$478.622	\$478.622	1
034879	<a href="#">MOT MONOFASICO 1500rpm 1.0CV SIEMENS</a>	\$144.811	\$144.811	1
034880	<a href="#">MOT MONOFASICO 1500rpm 1.0CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028256	<a href="#">MOT MONOFASICO 1500rpm 1/3CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028257	<a href="#">MOT MONOFASICO 1500rpm 1/3CV F/P SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028253	<a href="#">MOT MONOFASICO 1500rpm 3/4CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028251	<a href="#">MOT MONOFASICO 3000rpm 1.0CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028255	<a href="#">MOT MONOFASICO 3000rpm 1.0CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028254	<a href="#">MOT MONOFASICO 3000rpm 1/2CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
028250	<a href="#">MOT MONOFASICO 3000rpm 3/4CV SIEMENS</a>	\$153.523	\$153.523	1
015538	<a href="#">RESIST. FRENADO 7,5kW 6SE7018-0ES87-2DC0</a>	\$490.597	\$490.597	1
016172	<a href="#">UNIDAD FRENADO 6SE7018-0ES87-2DA0</a>	\$1,643.094	\$1,643.094	1
V14045	<a href="#">VENTILADOR ALU. 4/6 P. p/1LA 183-186</a>	\$126.810	\$126.810	1
V14046	<a href="#">VENTILADOR ALU. 4/6 P. p/1LA 206-223</a>	\$140.967	\$140.967	1

LISTA DE PRECIOS SIEMENS

Título: MOTORES TRIFASICOS

Parte 7 de 7

Código	Descripción	Precio por	Precio por	Unidad
Artículo	Artículo	Envase Cerrado	Unidad Suelta	por Envase
V37507	<a href="#">VENTILADOR PLAS. 2/4/6 P. p/1LA3 106</a>	\$14.227	\$14.227	1
V37509	<a href="#">VENTILADOR PLAS. 2/4/6 P. p/1LA3 130-134</a>	\$15.663	\$15.663	1
V14041	<a href="#">VENTILADOR PLAS. 2/4/6 P. p/1LA5 130-134</a>	\$16.612	\$16.612	1
V37511	<a href="#">VENTILADOR PLAS. 4/6 P. p/1LA3 163-166</a>	\$19.359	\$19.359	1



**LISTA DE PRECIOS MOTORES  
SIEMENS 2012.**

**MOTOR MONOFASICO**

Descripción	H.P.	4 POLOS		2 POLOS	
		Precio	Más IVA 16%	Precio	Más IVA 16%
MOTOR MONOFASICO	½	\$ 660.00	\$765.60		
MOTOR MONOFASICO	¾	\$ 885.01	\$1,026.61		
MOTOR MONOFASICO	1	\$ 835.00	\$968.60	\$ 1,000.01	\$ 1,160.01
MOTOR MONOFASICO	1½	\$ 1,000.01	\$1,160.01	\$ 1,060.00	\$ 1,229.60
MOTOR MONOFASICO	2	\$ 1,335.00	\$1,548.60	\$ 1,240.00	\$ 1,438.40
MOTOR MONOFASICO	3	\$ 2,850.00	\$3,306.00	\$ 2,850.00	\$ 3,306.00
MOTOR MONOFASICO	5	\$ 3,300.01	\$3,828.01	\$ 3,300.01	\$ 3,828.01
MOTOR MONOFASICO	7 ½	\$ 7,150.00	\$8,294.00		
MOTOR MONOFASICO	10	\$ 8,350.00	\$9,686.00		

**MOTOBOMBA MONOFASICA**

Descripción	H.P.	Motobomba Monofasica		ESPECIAL	
		Precio	Más IVA 16%	Precio	Más IVA 16%
MOTOBOMBA MONOFASICA	¼	\$ 678.99	\$787.63	\$ 634.00	\$ 735.43
MOTOBOMBA MONOFASICA	½	\$ 796.00	\$923.35	\$ 718.00	\$ 832.88
MOTOBOMBA MONOFASICA	¾	\$ 894.00	\$1,037.04	\$ 819.00	\$ 950.03
MOTOBOMBA MONOFASICA	1	\$ 1,016.00	\$1,178.56	\$ 922.00	\$ 1,069.52
MOTOBOMBA MONOFASICA	1½	\$ 1,156.00	\$1,340.96		
MOTOBOMBA MONOFASICA	2 x 1½ x1 ¼	\$ 1,580.00	\$1,832.80		
MOTOBOMBA MONOFASICA	2 2 x 1 ½	\$ 1,758.10	\$2,039.39		
MOTOBOMBA MONOFASICA	2 x 2"	\$ 1,971.00	\$2,286.36		

### MOTOR TRIFASICO TIPO JM

Descripción	H.P.	TIPO J	
		M	Más IVA 16%
MOTOR TRIFASICO	2	\$ 2,062.07	\$2,392.00
MOTOR TRIFASICO	3	\$ 2,562.72	\$2,972.75
MOTOR TRIFASICO	5	\$ 3,028.66	\$3,513.25
MOTOR TRIFASICO	7.5	\$ 4,391.82	\$5,094.51
MOTOR TRIFASICO	10	\$ 5,259.27	\$6,100.76
MOTOR TRIFASICO	15	\$ 7,197.41	\$8,349.00
MOTOR TRIFASICO	20	\$ 8,907.54	\$10,332.75
MOTOR TRIFASICO	25	\$ 15,634.05	\$18,135.50
MOTOR TRIFASICO	30	\$ 16,372.63	\$18,992.25

### MOTOR TRIFASICO 4 POLOS

Descripción	H.P.	4 POLOS		4 POLOS BRIDA C	
		Precio	Más IVA 16%	Precio	Más IVA 16%
MOTOR TRIFASICO	3/4	\$ 1,385.95	\$1,607.70	\$ 1,550.52	\$ 1,798.61
MOTOR TRIFASICO	1	\$ 1,615.95	\$1,874.50	\$ 1,853.88	\$ 2,150.50
MOTOR TRIFASICO	1.5	\$ 1,663.53	\$1,929.70	\$ 1,955.99	\$ 2,268.95
MOTOR TRIFASICO	2	\$ 1,754.74	\$2,035.50	\$ 2,116.60	\$ 2,455.25
MOTOR TRIFASICO	3	\$ 1,840.52	\$2,135.00	\$ 2,349.57	\$ 2,725.50
MOTOR TRIFASICO	5	\$ 2,112.07	\$2,450.00	\$ 2,693.58	\$ 3,124.55
MOTOR TRIFASICO	7.5	\$ 3,499.57	\$4,059.50	\$ 3,387.93	\$ 3,930.00
MOTOR TRIFASICO	10	\$ 4,262.94	\$4,945.00	\$ 4,657.50	\$ 5,402.70
MOTOR TRIFASICO	15	\$ 6,146.55	\$7,130.00		
MOTOR TRIFASICO	20	\$ 6,989.23	\$8,107.51		
MOTOR TRIFASICO	25	\$ 10,300.44	\$11,948.50		
MOTOR TRIFASICO	30	\$ 10,820.90	\$12,552.25		
MOTOR TRIFASICO	40	\$ 14,831.03	\$17,204.00		
MOTOR TRIFASICO	50	\$ 17,448.27	\$20,239.99		
MOTOR TRIFASICO	60	\$ 22,553.88	\$26,162.50		
MOTOR TRIFASICO	75	\$ 26,658.20	\$30,923.51		
MOTOR TRIFASICO	100	\$ 37,617.89	\$43,636.75		

## **La importancia de instalar supresores de transitorios por sobretensión**

“Un problema en la energía eléctrica que se suministra en nuestro país y que representa en pérdidas un promedio de 26.000 millones de pesos al año”.

Un sistema de distribución de energía y el equipamiento del sistema se encuentran constantemente afectados por diversos tipos de disturbios en las líneas eléctricas. Los transientes de sobrevoltaje y otros problemas eléctricos representan el peligro más serio e inmediato para los equipos eléctricos y electrónicos de gran sensibilidad. Como resultado, las empresas nacionales gastan alrededor de 26 mil millones de pesos al año a causa de la pérdida de producción y en la reparación y reemplazo de los equipos dañados.

Los transientes o transitorios son sobretensiones o sobrecorrientes, que normalmente duran microsegundos y que son generadas por causas internas y externas. Las sobretensiones atmosféricas, las variaciones de velocidad, las maniobras de la red eléctrica y las conmutaciones de carga de las empresas de servicio eléctrico, provenientes de instalaciones aledañas, provocan disturbios de energía.

Los estudios han demostrado que casi el 80% de los transientes de sobrevoltaje en una instalación determinada se generan de forma interna. Desde el encendido y apagado normal de las fotocopiadoras y de los sistemas de aire acondicionado hasta las líneas de montaje robotizadas y las máquinas de soldadura, prácticamente todas las máquinas o sistemas industriales causan o se ven afectados en forma adversa por los transientes. El efecto acumulativo de estos transitorios causa la degradación de semiconductores, la destrucción del equipo, interrupciones (interrupciones de energía eléctrica consecutivas e imprevistas y daños que llevan a ocasionar fallas en forma prematura, lo que provoca costosas pérdidas de horas de trabajo y de productividad).

Todos los sistemas eléctricos y electrónicos son importantes es por ello que deberían ser dotados de una protección que permita evitar la interrupción, los daños y la destrucción permanente en ocasiones de los equipos, las máquinas u otros aparatos que utilizan para su funcionamiento la energía eléctrica y que resultan dañados debido a estos cambios imprevistos.



## CAPITULO 7.

### CONTROL POR MEDIO DE PLC'S DE LOS MOTORES ELECTRICOS.

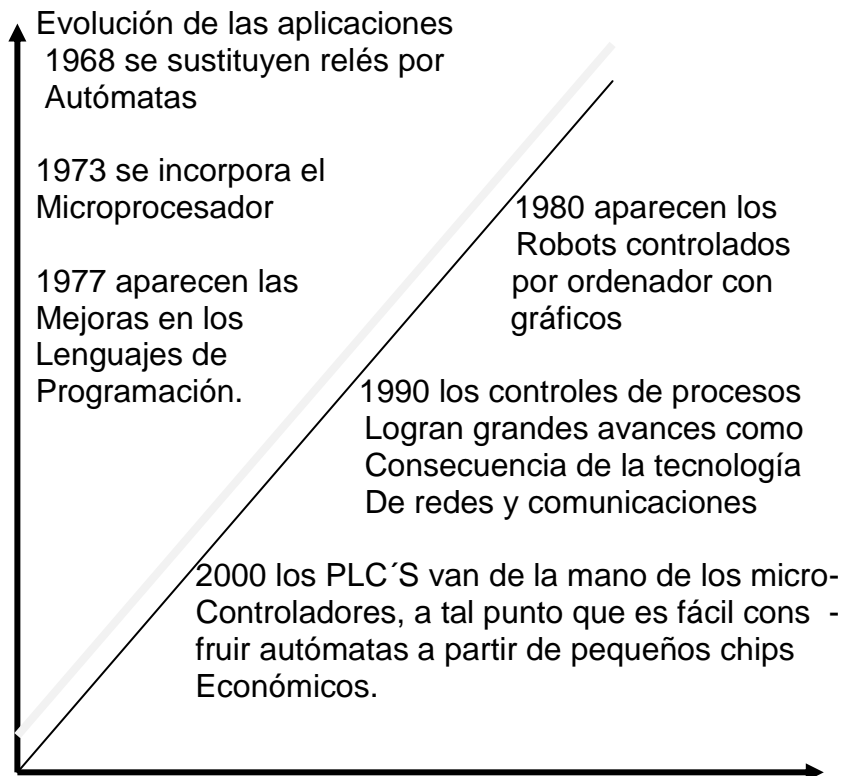
#### 1.- Antecedentes de los PLC'S.

El primer autómata trabajaba con una memoria de ferritas, fácilmente reprogramable y superaba las exigencias de la General Motors. No tardó en extenderse su empleo a otras industrias. El autómata particularmente adaptado al control en las cadenas de montaje, es decir en los procesos secuenciales. Para facilitar su programación y mantenimiento por parte del personal de planta el lenguaje empleado era el de las ecuaciones de Boole y posteriormente el esquema de contactos.

El autómata programable de uso industrial es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.

Hoy esta definición ha quedado insuficiente por la evolución del producto, paralela al desarrollo de los microprocesadores, extendiéndose sus aplicaciones al campo de control de procesos que requieren operaciones de regulación, cálculo, manipulación y transmisión de datos y hasta el control de equipos electrónicos de consumo a través de Internet.

En la siguiente gráfica se describe como fue evolucionando la aplicación de autómatas programables conforme al avance del tiempo.



A principios de los 70s se incorpora la tecnología del microprocesador a los autómatas, lo que permite aumentar sus prestaciones.

Así se logra mayor interacción entre el hombre y la máquina, aumentando los niveles de seguridad, se comienzan a manipular datos y con ello es más fácil controlar procesos, se hizo posible realizar operaciones aritméticas. La aparición de los primeros autómatas aumento las prestaciones de la máquina ya que con la capacidad de tratamiento numérico el autómata pudo desarrollar acciones correctivas sin detener el funcionamiento del proceso.

En la segunda mitad de la década de los 70s se mejoran considerablemente las prestaciones y el desarrollo de elementos especializados. Se consiguen diferentes prestaciones gracias al aumento de la capacidad de memoria.

Los sistemas de transmisión inalámbrica posibilitaron el manejo de entrada/salidas (E/S) remotas tanto analógicas como numéricas. Se consiguieron mejoras en el lenguaje de programación (instrucciones potentes), etc. Sus aplicaciones se extienden al control de procesos, al poder efectuar lazos de regulación trabajando con dispositivos de instrumentación. En esta etapa, el autómata desarrolla el control adaptativo sin intervención del operador. Otros campos de aplicación son el posicionamiento mediante entradas lectoras para codificadores y salidas de control de motores pasó a paso, la generación de informes de producción, el empleo de redes de comunicación, etc.

En los 80s aparecen los microprocesadores comerciales a bajo costo, el 6800 de Motorola o el Z80 de Intel. Estos fueron superados rápidamente por prototipos industriales, así aparecen los PICS, los COP, etc. Con el empleo de microcontroladores de estas características se consiguieron PLCS (autómatas) con las siguientes características:

- Alta velocidad de respuesta.
- Reducción de las dimensiones.
- Entradas y salidas inteligentes.
- mayor capacidad de diagnóstico de funcionamiento.
- mayor capacidad de almacenamiento de datos.
- Mejoras en el lenguaje: instrucciones de bloque, instrucciones de cálculo matemático con datos en notación de punto flotante.
- Lenguajes alternativos: Lenguaje de bloques funcionales, lenguajes de diagrama de fases (GRAFCET), y lenguajes de alto nivel (tipo BASIC).

Así han aparecido equipos pequeños y compactos que junto con la reducción de los precios, ha hecho que la aplicación se extienda a todos los sectores industriales. Los fabricantes han desarrollado familias de productos que comprenden equipos desde 10 entradas/salidas, hasta grandes controladores capaces de gobernar hasta 10,000 E/S y memorias de 128 Kb. El campo de

aplicación cubre desde el mínimo nivel de automatización de una secuencia de enclavamientos, hasta el control completo de un proceso de producción continua.

En la siguiente tabla encontramos datos útiles que podemos tener en cuenta cuando hablamos de la clasificación de los PLC'S o autómatas industriales.

Clasificación de los PLC'S comerciales
<b>Factores cuantitativos</b> -equipos pequeños hasta 128 E/S; memoria de 1 a 4kB. -Equipos medianos 128 <E/S>500; memoria hasta 32kB. -equipos grandes más de 500E/s; memoria hasta 128kB.
<b>Factores cualitativos</b> -Nivel 1: Control de variables discretas y numéricas, operaciones aritméticas y comunicaciones a nivel elemental. -Nivel 2: Control de variables discretas y numéricas, operaciones matemáticas y manipulación de gran cantidad de datos. Empleo de E/S inteligentes y comunicaciones transparentes procesador-procesador o en red.

### Descripción de un PLC.

Un **PLC** o también llamado “autómata”, es un dispositivo electrónico programable por el usuario que se utiliza para controlar, dentro del medio industrial, máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales. Mediante la inserción de una serie de instrucciones a seguir.

Normalmente se requiere un PLC para:

Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas, cilindros, neumáticos e hidráulicos, activación procesos automáticos y secuenciales, etc.

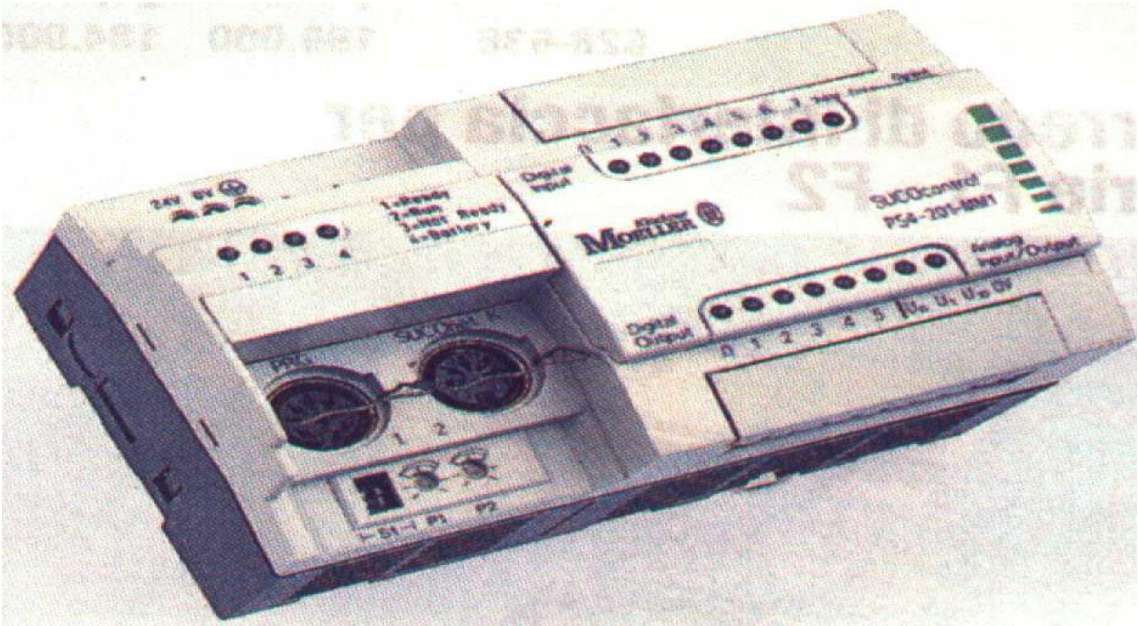
- Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos.
- Actuar como interface entre una PC y el proceso de fabricación.
- Efectuar diagnósticos de fallas y alarmas.
- Controlar y comandar tareas repetitivas y peligrosas.
- Regulación de aparatos remotos desde un punto de la fábrica.



A continuación se muestran algunos tipos de PLC'S de diferentes fabricantes con diferente complejidad de operación por manejar mayor cantidad de datos.



Uno de los PLC'S más sencillos en su manejo.



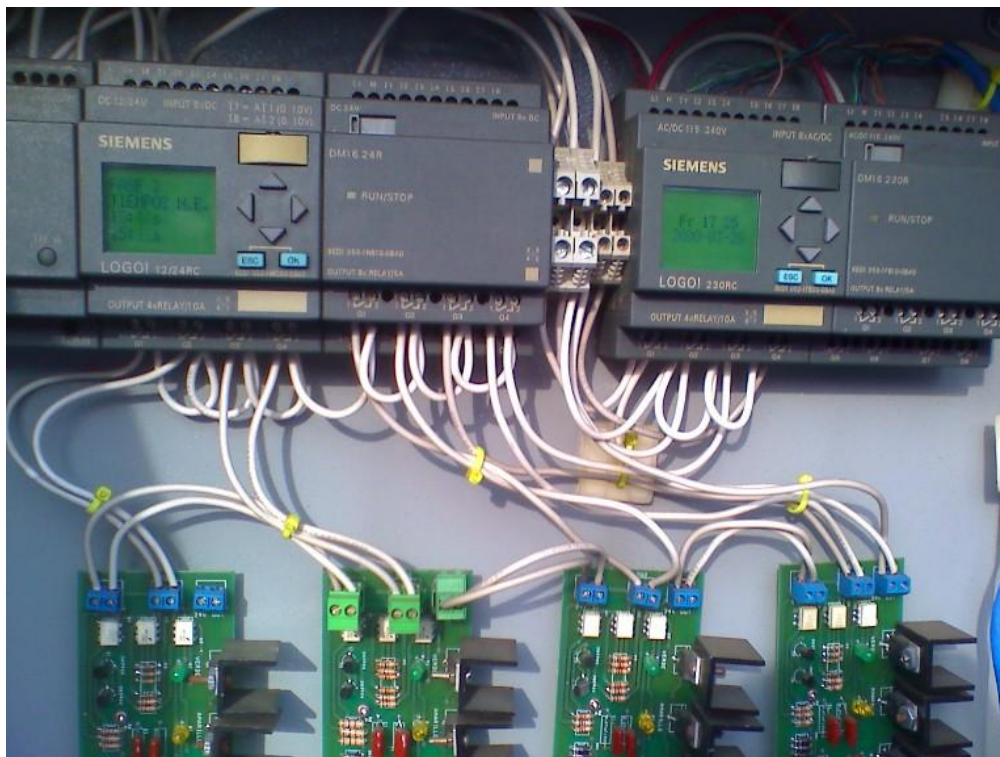
SIMULADOR DE PLC'S.





DIFERENTES TAMAÑOS DE PLC'S.

Algunos tipos de PLC'S en funcionamiento.

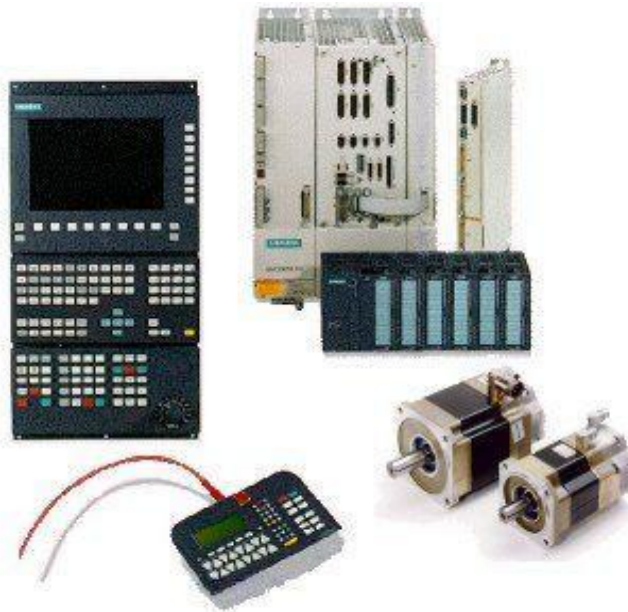




PLC instalado en tablero de control



## PLC en programación



### Sus principales beneficios son:

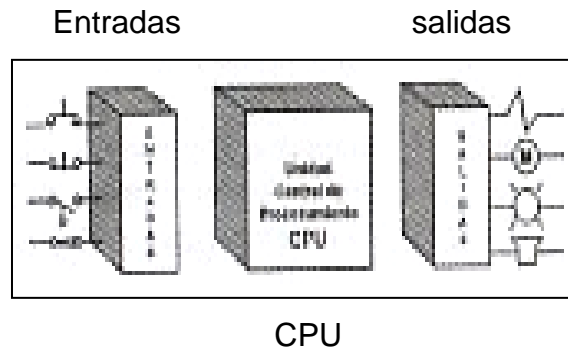
- Menor cableado, reduce los costos y los tiempos de parada de planta.
- Reducción del espacio en los tableros.
- Mayor facilidad para el mantenimiento y puesta en servicio
- Flexibilidad de configuración y programación, lo que permite adaptar fácilmente la automatización a los cambios del proceso.

### Principios básicos

Para introducirnos en el mundo del PLC (Programmable Logic Controller) o controlador Lógico Programable, se puede comenzar tratando de entender que hace un PLC en lugar de entender que es:

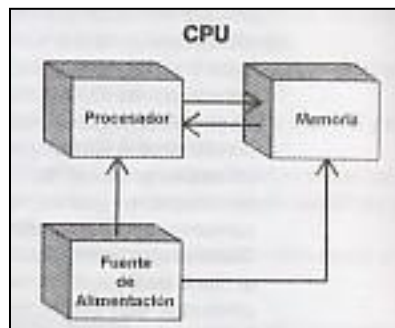
Básicamente un PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relés y temporizadores cableados. Se puede pensar en un PLC como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial, así sea en una planta cervecera sólo por nombrar algún ejemplo. Dicho de otra forma, el auto que usted conduce, el diario que usted lee, las bebidas que usted consume, son producidos valiéndose de la tecnología de la automatización industrial, gracias a la invención que realizara Schneider Electric casi cuarenta años atrás del PLC.

Un controlador lógico programable o PLC está compuesto por dos elementos básicos: la CPU, (Central Processing Unit) o Unidad Central de Procesamiento y la interface de Entradas y Salidas, como se indica en la figura siguiente.



En la figura siguiente se puede observar un esquema simplificado que representa las partes principales de una CPU: El procesador, la memoria y la fuente de alimentación. Este conjunto de componentes le otorgan la inteligencia necesaria al controlador la CPU lee la información en las entradas provenientes de diferentes dispositivos de censados (pulsadores, finales de carrera (sensores de límite), sensores inductivos, medidores de presión, etc.), ejecuta el programa de almacenando en la memoria y envía los comandos a las salidas para los dispositivos de control (pilotos luminosos, contactores, válvulas, solenoides, etc.).

Procesador memoria



Fuente de alimentación

El proceso de lectura de Entradas, ejecución del programa y control de las Salidas se realiza en forma repetitiva y se conoce como SCAN o scanning.

Finalmente la fuente de alimentación suministra todas las tensiones necesarias para la correcta operación de la CPU y el resto de los componentes.

Entrando en el campo de la aplicación, veremos primeramente su nomenclatura:

LD: Diagrama a contactos o de escalera (Ladder Diagram).

Es una representación gráfica de expresiones booleanas, combinando contactos (condiciones) con bobinas (resultados) similar a un diagrama de contactos eléctricos.

IL: Lista de Instrucciones (Instruction List).

Su estructura principal es una lista de instrucciones, donde cada instrucción debe ocupar una nueva línea. Cada línea contiene un operador, que es completado por modificadores opcionales y uno o más operandos, si la operación específica lo requiere.

FBD: Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram).

Consiste en una representación gráfica de diferentes tipos de ecuaciones. Los operadores son representados por cajas rectangulares de funciones y los operandos se conectan a sus lados izquierdo (entradas) y derecho (salidas)

ST: Texto Estructurado (Structured Text).

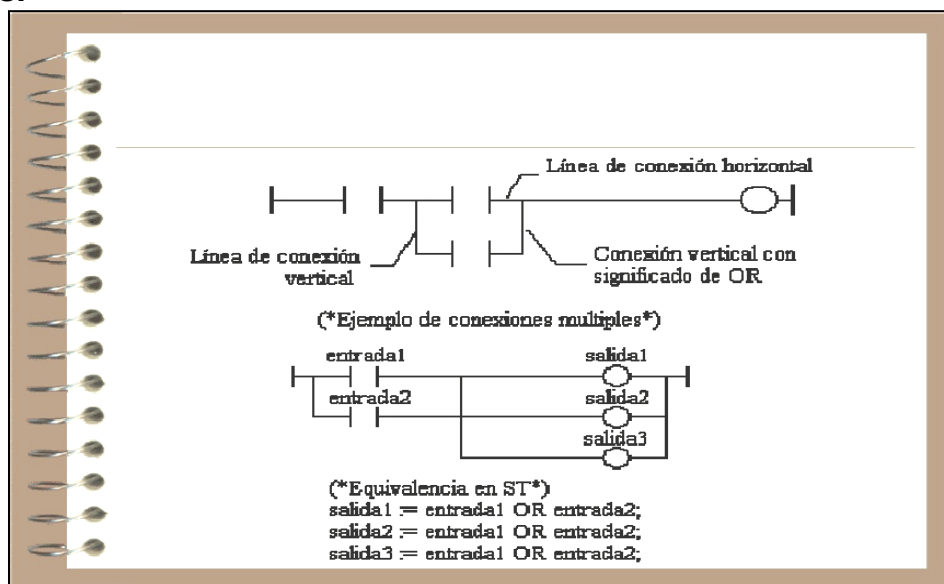
Un programa en ST es una lista de sentencias ST. Cada sentencia termina en un separador y se incluye dentro de uno de los tipos básicos de: asignación, selección, iteración, control o especiales. Los nombres usados en el código fuente (identificadores de variables, constantes, palabras reservadas del lenguaje) se desagrupan usando separadores inactivos o activos

SFC: Carta de Funciones Secuenciales (Sequential Function Chart). Es una representación gráfica de expresiones booleanas, combinando contactos (condiciones) con bobinas (resultados) similar a un diagrama de contactos eléctricos.

La EC 1131-3 recoge todos los tipos de operandos de uso común en PLC'S. En su apartado 2.2 (Representación exterior de los datos) se establece que dicha representación deberá consistir en literales numéricos, literales de cadenas de caracteres y literales de tiempo.

A partir de ello en el sistema ISaGRAF (EC 1131-3 compatible) de CJI International se agrupan en cuatro tipos básicos: Booleano, Analógico, Temporizado y Mensaje.

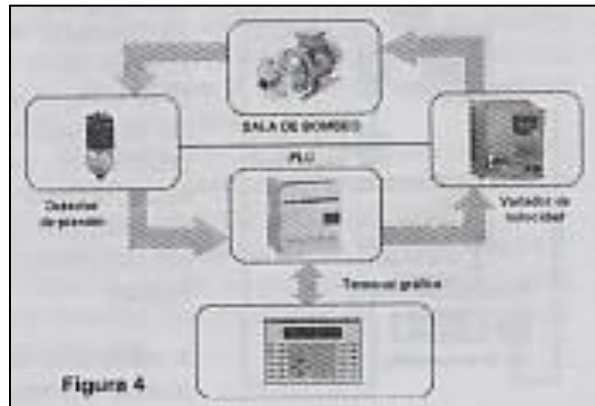
## Enlaces:





En él se puede apreciar la vinculación del PLC con todos los elementos de campo que intervienen en un proceso, sensores, actuadores, pre-actuadores y diálogo hombre-máquina.

Llevando el diagrama a un ejemplo práctico, se podría plantear la solución para una aplicación de bombeo a presión constante.



En la figura se muestra 1 la sala de bombeo, 2 detector de presión, 3 PLC, 4 variador de velocidad y abajo del PLC un terminal de registro de datos.


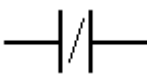



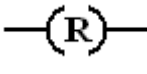
Se establece una presión de trabajo para el sistema que debe mantenerse constante. Para ello debe medirse la presión en algún punto de la instalación. En función del valor medido, el PLC debe determinar la velocidad de referencia para el variador de velocidad, que en consecuencia modificará la velocidad del motor, determinando que la bomba varíe su caudal y presión. También intervienen los elementos de diálogo hombre - máquina, en este caso se trata de un terminal gráfico que permite ingresar el valor de presión deseada.

El programa de aplicación se realiza a partir de una terminal de mano o de un software apropiado para PC.

El lenguaje empleado es sencillo y al alcance de todas las personas. Está basado en los esquemas eléctricos funcionales de control.

#### **Elementos de programación.**

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

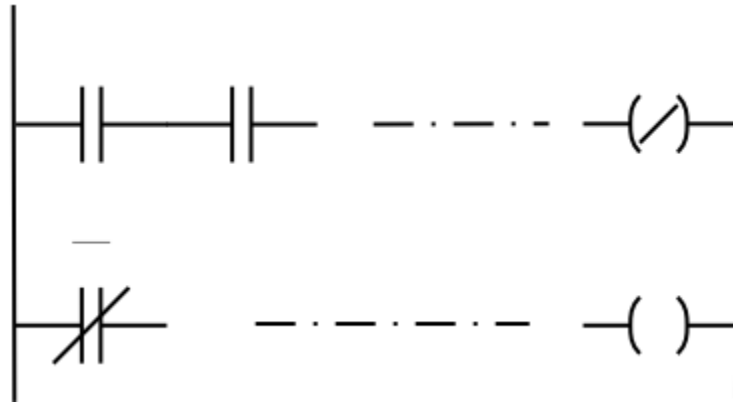
Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

- **Programación.**

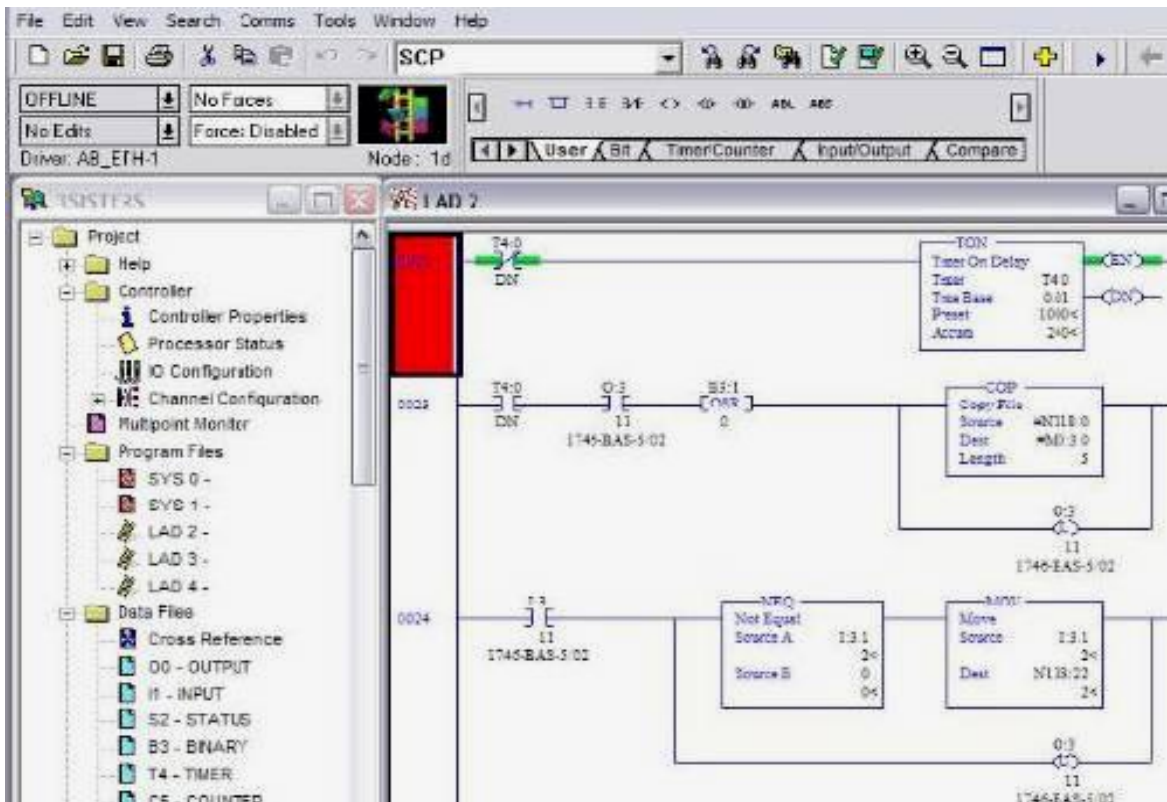
Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

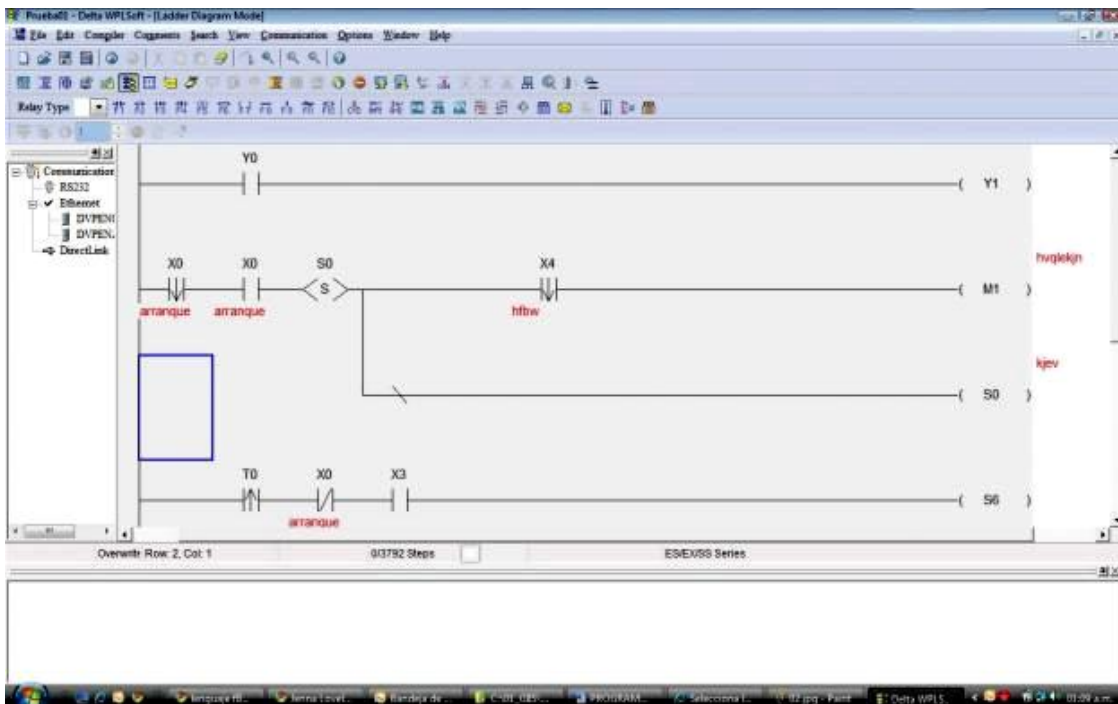
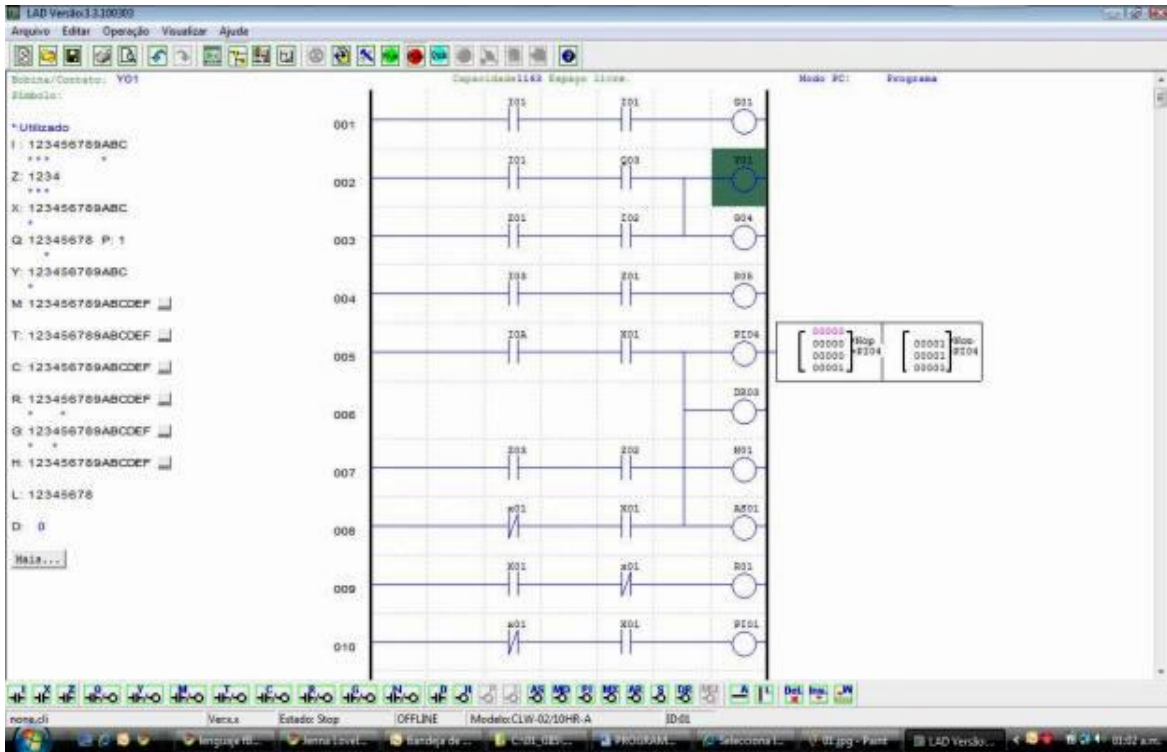
El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.



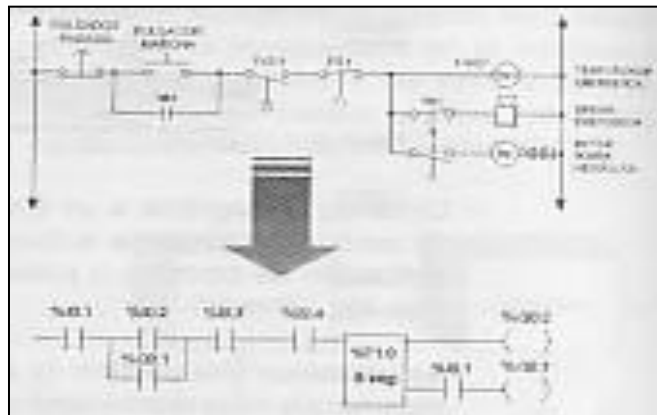


En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.





Como puede observarse algunos PLC tienen los comandos a ejecutar en español para hacer más fácil su operación.



Este lenguaje es conocido como Diagrama Escalera (Ladder).

Otro lenguaje que se puede utilizar para la programación de PLC'S, es el Diagrama de Flujo Secuencial o SFC (anteriormente denominado Grafset), reconocido como el lenguaje gráfico mejor adaptado a la expresión de la parte secuencial de la automatización de la producción.

El SFC representa la sucesión de las etapas en el ciclo de producción. La evolución del ciclo, Etapa por Etapa se controla por una "Transición" ubicada entre cada etapa.

A cada una de las etapas le puede corresponder una o varias acciones. A cada transición le corresponde una "receptividad", condición que debe cumplirse para poder superar la transición, lo que permite la evolución de una etapa a la siguiente.

En el ejemplo, para desarrollar las acciones vinculadas a la Etapa 1, previamente debe cumplirse la condición correspondiente a la Transición X.

Las acciones de la Etapa 1 se mantienen hasta que se cumple la condición correspondiente a la Transición Y, momento a partir del cual se desactiva la Etapa 1 y se activa la etapa siguiente.

Para asegurar la estandarización de los lenguajes de programación de los PLC'S, y asegurarle al usuario una única forma de programar, sin importar la marca comercial del PLC, ha sido establecida la norma IEC 1131-3 que fija criterios en tal sentido.

Así, la norma define los lenguajes de programación: Escalera (ladder). Lista de instrucciones (Assembler), Estructurado (Similar al Pascal), Bloques de Función y Diagrama Flujo de Secuencial (SFC o Grafcet). Según el tipo de PLC que se escoja, podrá tener uno o más de estos lenguajes.

Cuando la aplicación crece en complejidad dado el tipo de señales a manejar, es posible incrementar la capacidad de Entradas/Salidas. Además permite el control de señales, tanto digitales como analógicas.

Un concepto que cada día es más necesario aplicar, es la comunicación entre PLC'S o con un sistema de supervisión (SCADA).

Cuando es el momento de realizarlo, el PLC dispone de la capacidad de resolverlo agregando los módulos de comunicación necesarios.

### **Aplicación de los PLC'S.**

El Controlador Lógico Programable es (PLC). Es por sus características de diseño que tiene hoy un amplio campo de aplicaciones. Se han incrementado con la constante evolución del hardware y el software que ha sido amplia y continúa en este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales: Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc. Aunque el PLC fue originalmente diseñado como un dispositivo de reemplazo de control industrial, hoy se les emplea en innumerables aplicaciones para que cumplan con las necesidades de los usuarios. Los PLC están diseñados modularmente y por tanto con posibilidades para poder expandirse para satisfacer las necesidades de la industria. Es importante que a la aplicación de un PLC se pueda considerar los beneficios de las futuras expansiones.

Hasta ahora hemos conocido los dispositivos de que está compuesto internamente un PLC, pero aun no tenemos claro el concepto PLC.

Se entiende por controlador lógico programable (PLC) a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Sin embargo, esta definición está quedando obsoleta, ya que han aparecido los micro-PLC'S destinados a pequeñas cantidades y al alcance de

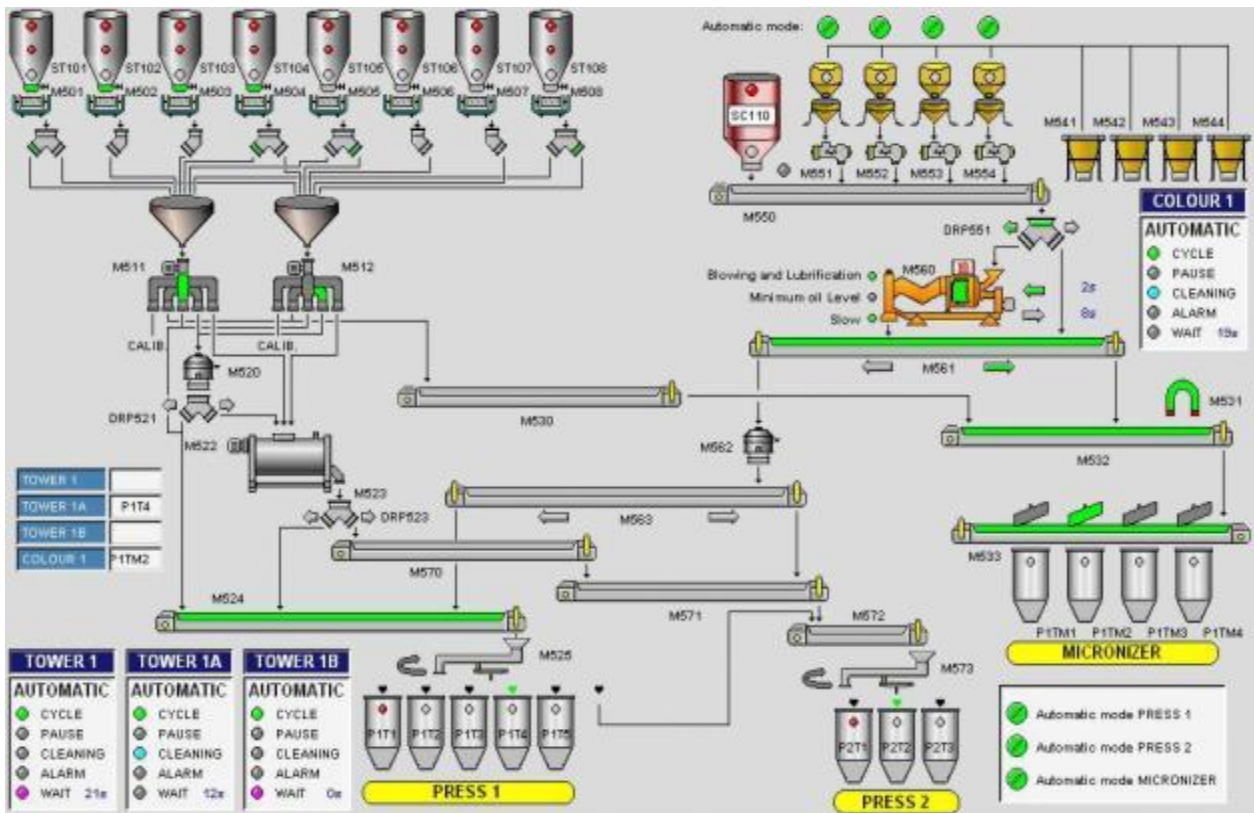
cualquier persona, tal como comentamos un PLC suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción variables.
- Procesos de producción secuenciales.
- Instalaciones de procesos complejos.
- Necesidades de chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

De esta manera, son ampliamente utilizados en el control de maniobras de maquinas de maquinas, maniobra de instalaciones y en aplicaciones de señalización y control.

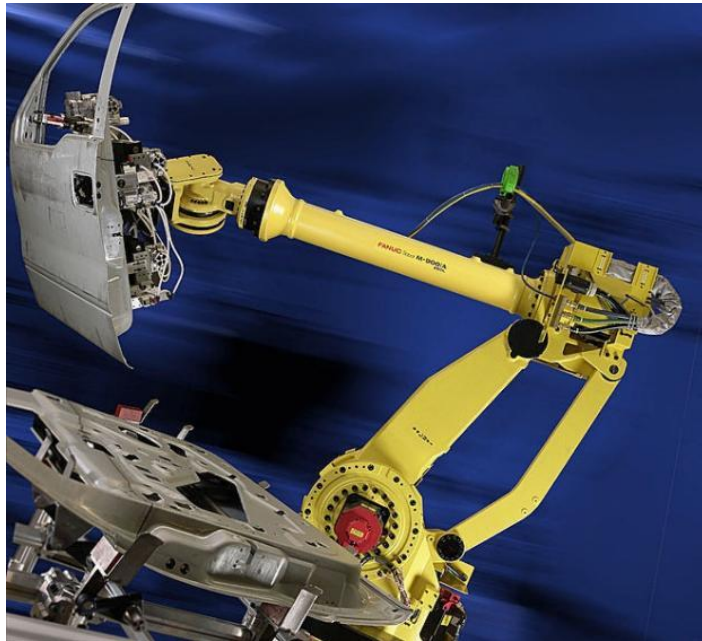
No podemos dejar a un lado los pequeños PLC'S para uso más personal (Que se pueden emplear incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de la cochera o las luces de la casa). Cabe aclarar que, si bien uno de los inconvenientes de utilizar estos dispositivos radica en la capacitación del personal que los va a utilizar, en la mayoría de las universidades de la especialidad, se enseña tanto el funcionamiento como su empleo con lo cual esta dificultad termina. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay PLC'S para todas las necesidades y a precios bajos.

### Campos de aplicación de los PLC'S





Hoy la tecnología nos ofrece PLC'S acorde las necesidades de cada usuario y cada aplicación.



Para automatizaciones de pequeña envergadura, como por ejemplo dosificadores, alimentadores para máquinas, montacargas lavadoras industriales y de automóviles, control de barreras, calefacción, vidrieras, etc., casos de mediana complejidad donde se necesitan además señales analógicas y comunicación, por ejemplo máquinas inyectoras paletizadoras, cintas transportadoras, etc., se utilizan por lo general PLC'S compactos.

En aplicaciones de mayor complejidad como por ejemplo supervisión remota de subestaciones de energía, estaciones de bombeo, plantas potabilizadoras de agua, sistemas de control de luces en aeropuertos, líneas de producción en la industria automotriz, del plástico, y en la industria de la transformación y demás procesos industriales, procesos de molienda en la industria cementera, etc., donde se requiere gran cantidad de entradas/salidas de diversa naturaleza (discretas, analógicas, termopares, pulsos de 40kHz o más ) y un programa de control extenso y varios canales de comunicación, por lo general se recurre a PLC'S del tipo modular.

Cuando la complejidad del proceso requiere gran velocidad de procesamiento del programa, manejo de lazos de control, alta prestación en múltiples protocolos de comunicación, elevada cantidad de entradas/salidas controladas en forma remota y descentralizada, como por ejemplo en la automatización de una planta siderúrgica, de un oleoducto, de una refinería, de una planta minera completa, de una planta de extracción de aceites, etc., se utiliza por lo general grandes PLC'S modulares.

La supervisión se puede realizar en dos niveles diferentes de complejidad:

- A nivel del operador, empleando terminales de diálogo hombre - máquina del tipo XBT Magelis.
- A nivel de planta, empleando una PC con un software de supervisión, comúnmente denominado SCADA, como por ejemplo el software P-CIM.

### **3. Comunicaciones**

#### **Principios básicos**

Una red está formada por un conjunto de dispositivos electrónicos que tienen la habilidad de comunicarse entre ellos, utilizando un medio físico y un idioma común.

La automatización de un proceso industrial requiere la implementación de una red cuando se necesita:

- Controlar un proceso entre varios PLC'S
- Compartir información del proceso
- Conocer el estado de los dispositivos
- Diagnosticar en forma remota
- Transferir archivos
- Reportar alarmas

Se puede afirmar que los componentes intervienen en una red son:

- Dos o más dispositivos que tengan información para compartir
- Un camino para la comunicación vínculo físico
- Reglas de comunicación que determinan el lenguaje o protocolo.

#### **Información**

La información que se necesita compartir en un proceso puede diferenciarse por su extensión:

Bits que reportan el estado (activa/inactiva) de una entrada o salida directamente vinculadas a elementos de campo como son pulsadores, finales de carrera, sensores, actuadores, válvulas, solenoides, contactores, etc.

Bytes, palabras, o un conjunto de éstas para conocer el valor de una variable analógica, para cambiar los parámetros de un temporizador, para enviar un mensaje de texto a un terminal gráfico, etc.

Archivos o paquetes de información más complejos de extensión considerable para los cuales se requiere alta velocidad de intercambio de datos.

Pero si bien puede variar la extensión de la información a transmitir, siempre serán "ceros y unos" concatenados en un formato y una lógica determinada establecida por el protocolo (0101010001001111110101110101).



**CUADRO COMPARATIVO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO POR RELES Y PLC.  
REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS PARA UN SISTEMA AUTOMATIZADO POR RELES.**

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO US \$ UNITARIO	Total
1	Contactador	100	60	6000
2	Relé térmico	47	70	3290
3	Relé auxiliar	52	25	1300
4	Temporizador (ondelay)	47	80	3760
5	Contador electromecánico	3	40	120
6	Pulsadores NA/NC	36	15	540
7	Selector	10	20	200
8	Seccionador	16	40	640
9	Lámpara de señalización	24	18	432
10	Fusible y portafusible	140	25	3500
11	Transformador aislador	3	150	450
12	Tablero 2200 x 100 x 500 mm	3	800	2400
<b>Total</b>				<b>22 632</b>

## REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS PARA UN SISTEMA AUTOMATIZADO POR PLC

#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO US \$ UNITARIO	Total
1	PLC	1	3500	3500
2	Contactador	100	60	6000
3	Relé térmico	47	70	3290
4	Pulsador NA/NC	36	151	5436
5	Selector	10	20	200
6	Seccionador	16	40	640
7	Lámpara de señalización	24	18	432
8	Fusible y porta fusible	140	25	3500
9	Transformador aislador	1	150	150
10	Tablero 1000 x 500 x 200	1	150	150
<b>Total</b>				<b>18 432</b>

Antes de entrar en materia con lo que a autómatas y controladores lógicos programables se refiere es necesario conocer el concepto y entenderlo bien. Para ello revisaremos sus antecedentes.

### ¿Qué es un PLC?

De una manera general podemos definir al controlador lógico programable como toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en el medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo pueden ser realizados por personal con conocimientos eléctricos o electrónicos, sin previos conocimiento sobre informática.

Los controladores lógicos programables, (PLC'S, Programmable Logic Controller) nacieron a finales de los 60s y principios de los 70s. Las industrias que propiciaron

este desarrollo fueron las automotrices. Ellas usaban sistemas industriales basados en relevadores (relés), en sus sistemas de manufactura.

Buscando reducir costos de los sistemas de control, la General Motors preparo en 1968 algunas especificaciones detallando un "Controlador Lógico Programable". Estas especificaciones definían un sistema de control por relevadores que podían ser asociados no solamente a la industria automotriz, sino prácticamente a cualquier industria de manufactura. Estas especificaciones interesaron a ciertas compañías tales como GE-Fanuc, Reliance electric, Modicon, Digital Equipment Co., de tal forma que el resultado de su trabajo se convirtió en lo que hoy se conoce como Control Lógico programable.

Los PLC'S surgen como equipos electrónicos sustitutos de los sistemas de control basados en relevadores (relés), que se hacían más complejos, lo que arrojaba ciertas dificultades en cuanto a la instalación de los mismos. Los altos costos de operación y mantenimiento y la poca flexibilidad y con fiabilidad de los equipos, a como así también el costo excesivo, impulsaron el desarrollo de los nuevos autómatas.

Los primeros PLC'S se usaron solamente como reemplazo de los relevadores, es decir, su capacidad se reducía exclusivamente al control on-off (de dos posiciones) en maquinas y procesos industriales. De hecho todavía se siguen usando en muchos casos como tales. La gran diferencia con los controles por relevador fue su facilidad de instalación, ocupan menor espacio, costo reducido y proporcionan auto diagnósticos sencillos. En la década de los 70s con el avance de la electrónica, la tecnología de los microprocesadores agrego facilidad e inteligencia adicional a los PLC'S generando un gran avance y permitiendo un notorio incremento en la capacidad de interface con el operador, ampliación de datos, uso de términos de vídeo, desarrollo de programas, etc.

Poco a poco se fue mejorando la idea inicial de los PLC'S convirtiéndose en lo que ahora son. Sistemas electrónicos versátiles y flexibles.

El Control Lógico Programable es ideal para ser operado en condiciones críticas industriales, ya que fue diseñado y concebido para su uso en el medioambiente industrial.

Los PLC'S ofrecen muchas ventajas sobre otros dispositivos de control tales como relés, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos como del tipo tambor.

Cuando se decidió implementar un sistema diferente para mejorar el desempeño industrial en una empresa, los ingenieros de la general motors pensaron que dicho dispositivo debería reunir las siguientes cualidades:

1. - El dispositivo de control debería ser fácil y rápidamente programable por el usuario con un minimizo de interrupción.
2. - Todos los componentes del sistema deberían ser capaces de operar en plantas industriales sin un especial equipo de soporte, de hardware o de ambiente.

3. - El sistema tenía que ser de fácil mantenimiento y reparación, tenía que incluir indicadores de estados para facilitar las reparaciones y la búsqueda de errores.

4. -El sistema tenía que ser pequeño y debía consumir menor potencia que los sistemas de control por relevadores.

5. - Tenía que ser capaz de comunicarse con un sistema central de datos para propósitos de monitoreo.

6. - Les señales de salida tenían que poder manejar arranques de motores y válvulas solenoides que operan con la tensión de la red de C.A.

Debía de ser competitivo en costo de venta e instalación, respecto de los sistemas en base a relevadores.

Los PLC'S actuales no solamente cumplen estos requisitos sino que lo superan. El PLC actual es una computadora de propósito específico que proporciona una alternativa más flexible y funcional para los sistemas de control industriales.

Es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo, y aritméticas, para controlar a través de los módulos de entrada y salida digitales y analógicas, varios tipos de maquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerara bajo esté rubro, se excluyen los controles secuenciales mecánicos.

Al PLC también se le puede definir como una caja negra en la que existen terminales de entrada a los que se conectaran pulsadores, finales de carrera, foto celdas, detectores, etc., terminales de salida a los que se conectaran bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, etc. De tal forma que la actuación de esos últimos están en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

La tarea del usuario se reduce a realizar el "programa" que no es más que la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida. De esta manera, los PLC deben incluir algún tipo de dispositivo lógico programable.

### **Estructura de un PLC.**

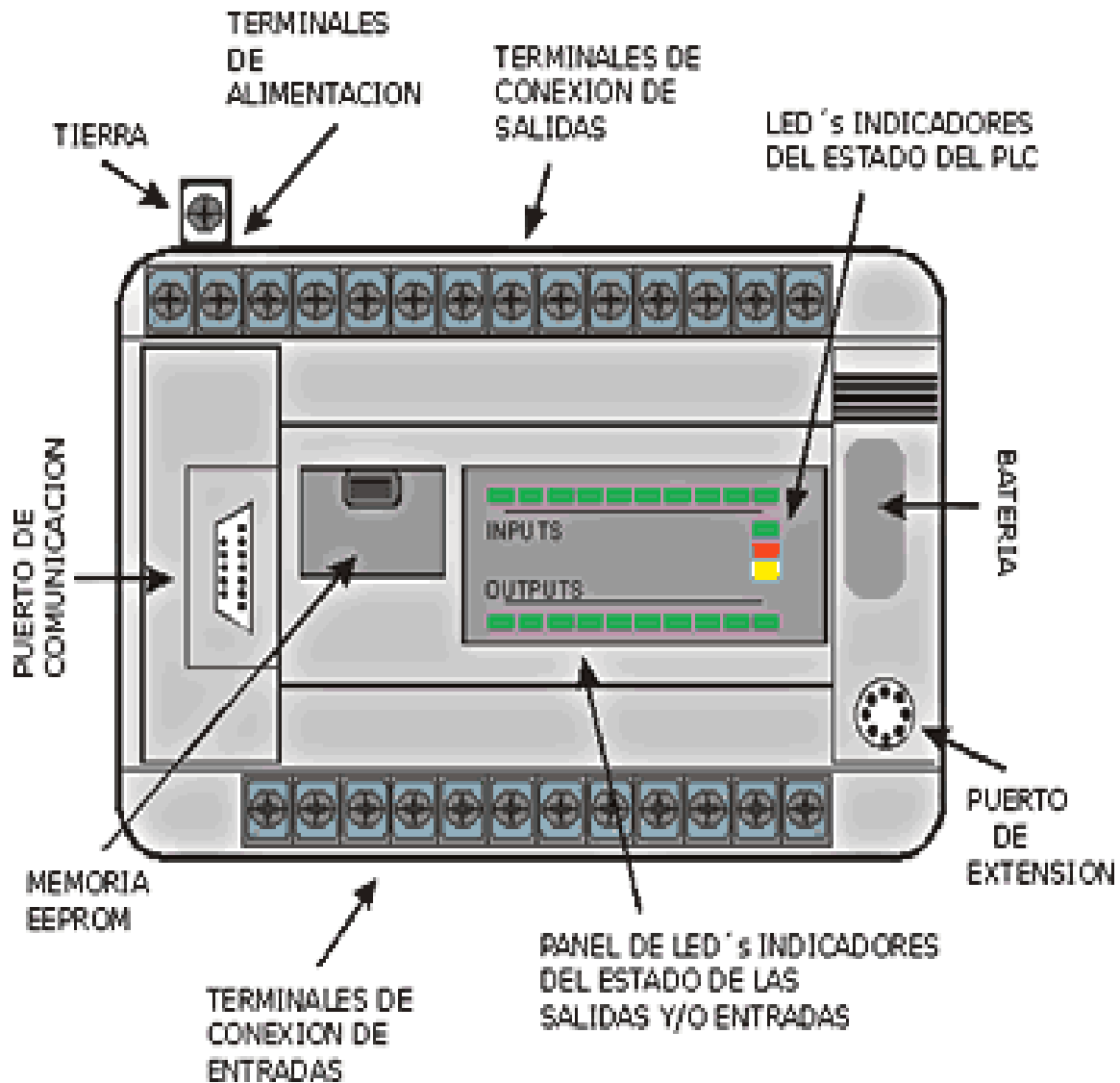
Todos los PLC'S comerciales poseen una estructura externa compacta en la que están todos los elementos (en uno solo). Sin embargo, podemos decir que existen básicamente dos formas externas se presentación de los PLC'S, una modular y la otra compacta.

En cuanto a la estructura modular existen:

- Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata.
- Estructura Europea: cada modulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Los micro-plc's suelen venir sin caja, en formato kit, ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

En la siguiente figura se muestra un diagrama a bloques correspondiente a la estructura interna de un PLC típico, en él vemos lo siguiente:

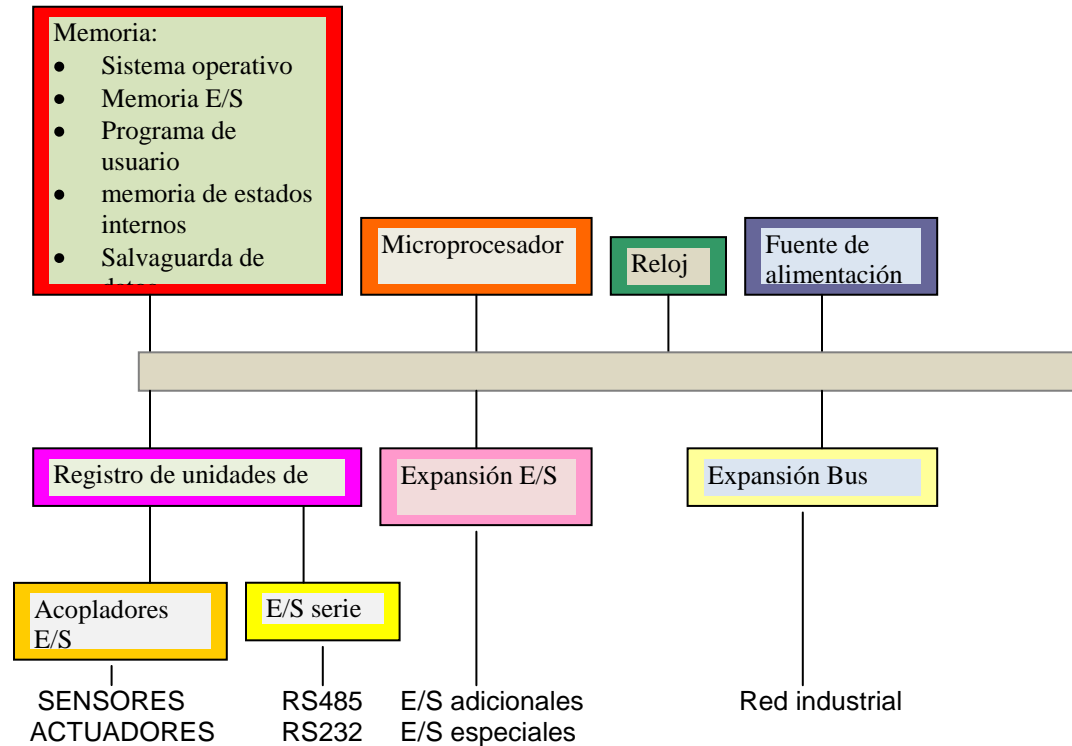




MODULO DE ENTRADAS



MODULO DE SALIDAS



En la parte inferior del diagrama podemos observar la comunicación del PLC con el exterior, Así tenemos registros de entrada y salida de datos y puertos de expansión. A ellos se conectan las secciones de entrada y de salida.

### Sección de entradas:

Se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos se tienen rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características dadas por el fabricante. A estas líneas se conectan los sensores, y las líneas de transmisión.

### Sección de salidas:

Son una serie de líneas, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas se conectan los actuadores.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómatas que utilizemos: Normalmente se suelen emplear optoacopladores en las entradas y relés/optoacopladores en las salidas.

Un elemento importante es el microprocesador que forma parte del “corazón” de la CPU. La unidad central de proceso o procesamiento (CPU) se encarga de procesar el programa de usuario que le introduzcamos. Para ello dispondremos de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa (parte superior del diagrama de bloques).

Adicionalmente en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición,



etc. Muchos equipos poseen una unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).

También se dispone de una unidad o consola de programación que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.

Los dispositivos periféricos, como nuevas unidades de E/S, mas memoria, unidades de comunicación en red, etc., y las interfaces facilitan la comunicación del autómatas mediante enlace serie con otros dispositivos (como una PC).

### **La memoria:**

Dentro de la CPU disponemos de una área de memoria, la cual posee varias secciones encargadas de distintas funciones. Así tenemos:

Memoria de programa de usuario: aquí introduciremos el programa que el PLC va a ejecutar cíclicamente.

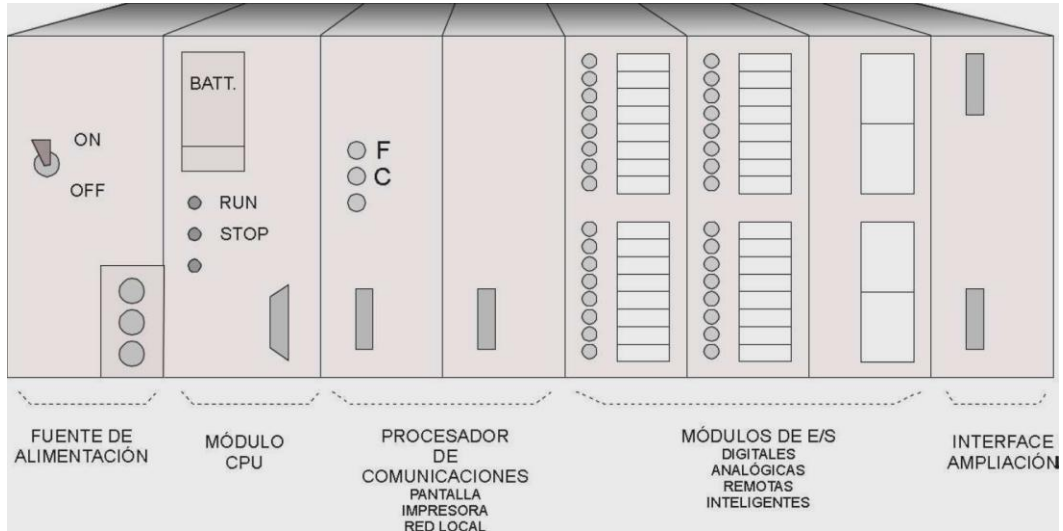
Memoria del sistema: Aquí se encuentra el programa en código de máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el PLC.

Memoria de almacenamiento: Se trata de una memoria externa que emplearemos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

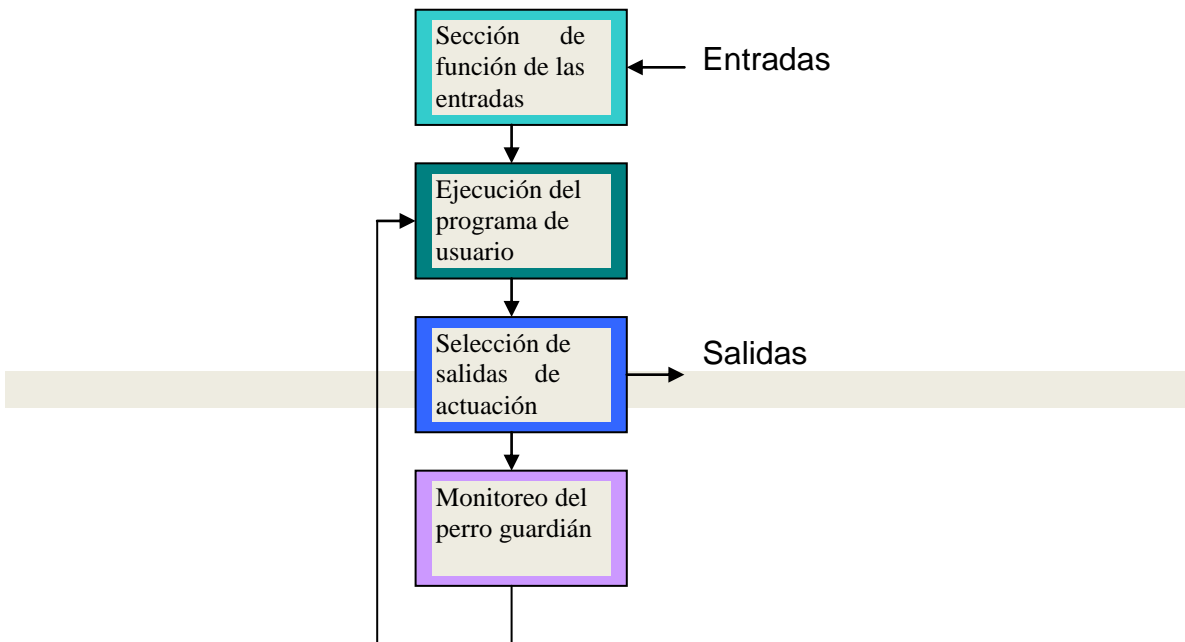
Cada PLC divide su memoria de esta forma genérica, haciendo, subdivisiones específicas según el modelo y el fabricante.

### **CPU.**

La unidad de proceso central (CPU) es el corazón del PLC. Es la encargada de ejecutar el programa del sistema(es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema): sus funciones son vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar watchdog (perro guardián). También se encarga de ejecutar el programa de usuario, crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.



Otra función es la de renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenidas al final del ciclo de ejecución del programa de usuario. Por último también se encarga de realizar el chequeo del sistema, para ello el PLC posee un ciclo de trabajo, que ejecutara de forma continua de acuerdo con el diagrama de flujo que se muestra a continuación.



Unidades de entrada y salida E/S.

Generalmente se dispone de dos tipos de E/S:

- Digital.
- Analógica.

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

### **Interfaces.**

Todo PLC, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como una PC). Lo normal es que posea una interface serie del tipo RS232/RS422.

A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del controlador, incluida la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

### **Unidades de programación.**

La programación del PLC puede ser hecha por una unidad de programación que puede ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el equipo y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del equipo. También se puede usar una consola de programación. Es una terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del PLC. Desfasado actualmente.

El modo más empleado para programar un PLC es mediante una computadora tipo PC: Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes. Posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Para cada caso el fabricante proporciona lo necesario, bien el equipo o el software/cables adecuados. Cada equipo, dependiendo del modelo y fabricante, puede poseer una conexión a una o varios de los elementos anteriores. En el caso de los micro-plc se escoge la programación por PC o por unidad de programación integrada en la propia CPU.

Automation and Drives

## Funciones especiales - Vista General

LOGO!

Introducción

Instalación y cableado

Funciones integradas

Operación del equipo

LOGO! Soft Comfort V5.0

Ejemplo de aplicación

SIEMENS

### Temporizadores

Retardo a la conexión

Retardo a la desconexión

Retardo a la conex. y desconex.

Retardo de activación memorizable

Relé disipador (salida de pulso)

Relé disipador activado por flanco

Generador de pulsos

Generador aleatorio

Interruptor de alumbrado para escalera

Pulsador de comfort

Temporizador semanal

Temporizador anual

### Procesamiento analógico

Comparador analógico

Computador analógico de valor de umbral

Amplificador analógico

Interruptor de valor umbral diferencial

Vigilancia de valor analógico

Rampa

Controlador PI

Multiplexador analógico

28

Funciones especiales

### Contadores

Contador ascendente / descendente

Contador de horas

Interruptor de valor umbral

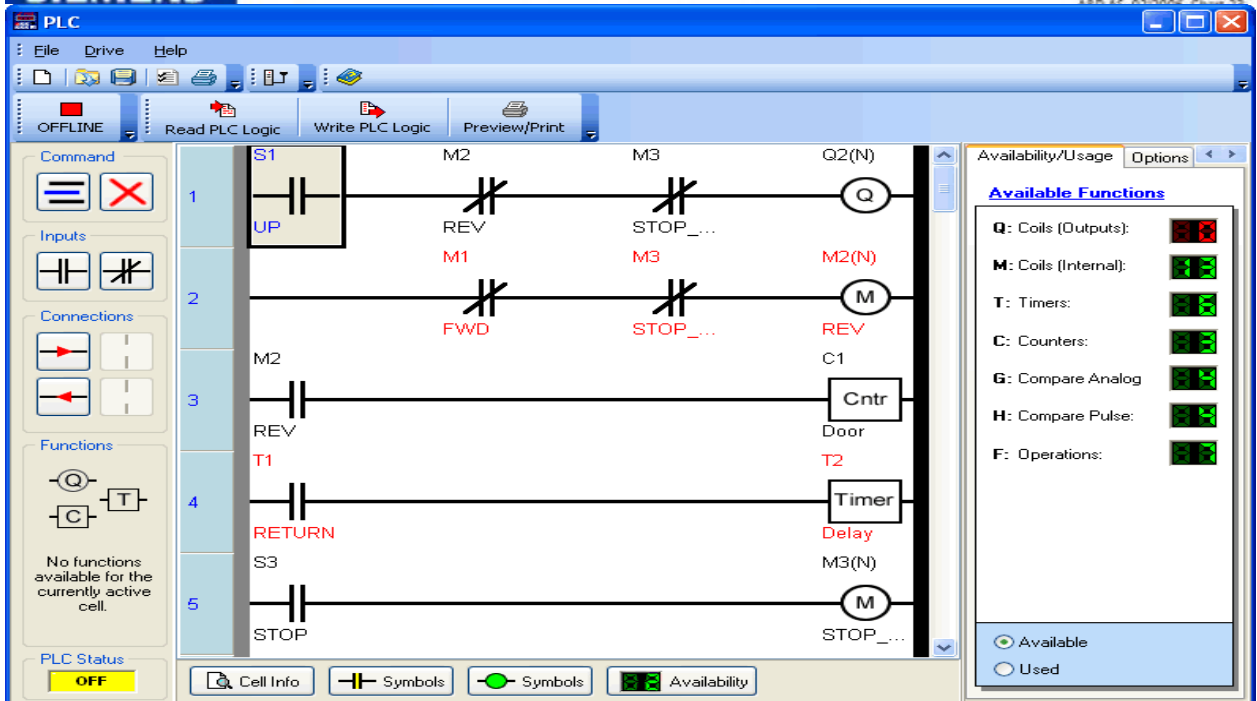
### Miscelaneo

Relé con retención

Relé de impulsos

Mensajes de avisos

Registro de desplazamiento



Funcionamiento de un PLC, desplegado en la pantalla de una computadora portátil.

## Diagrama de líneas

El medio de comunicación elemental para el lenguaje de control es a través del uso de los diagramas de línea.

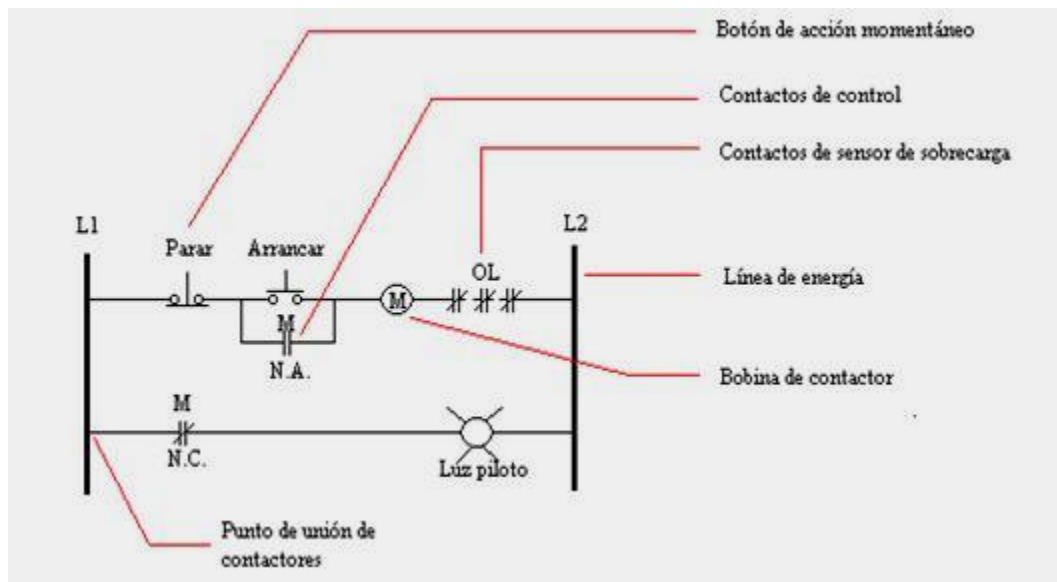


Diagrama de líneas de un circuito eléctrico.

El diagrama de línea consiste de una serie de símbolos interconectados por líneas para indicar el flujo de corriente de control a través de los diversos dispositivos. El diagrama de línea representa rápidamente una serie de relaciones de variables de control que pueden tomar muchas palabras para explicarse.

El diagrama de línea de la Figura nos muestra: la fuente de energía representada con líneas gruesas y el flujo de corriente a través de los diferentes elementos del circuito tales como botoneras, contactos, bobinas y protecciones de sobrecarga. Todo esto se le representa con líneas delgadas en el diagrama.

El diagrama de líneas tiene como propósito mostrar sólo la secuencia de control de los dispositivos que es necesaria para la operación básica del sistema controlador. Su propósito no es mostrar la relación física de los diversos dispositivos en el sistema controlador. Más bien, este tipo de diagrama se inclina hacia la simplicidad, enfatizando sólo la operación del circuito de control.

### Dispositivos periféricos.

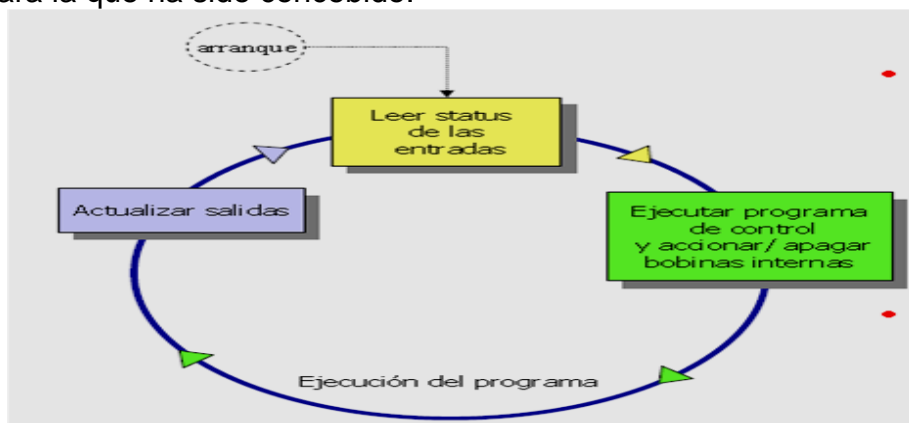
El PLC en la mayoría de los casos, puede ser ampliable. Las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades, que van desde las redes internas (LAN, etc.), módulos auxiliares de E/S, memoria adicional, hasta la conexión con otros autómatas del mismo modelo. Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

## La Automatización.

Hasta aquí se ha dado un panorama sobre los autómatas, representados básicamente por los Controladores Lógicos Programables (PLC). Veremos ahora los mismos conceptos pero desde el punto de vista automatización.

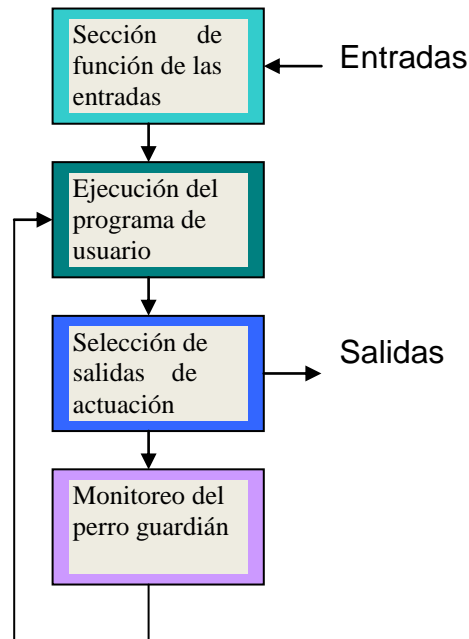


La automatización de un equipo o proceso industrial consiste en la incorporación de un dispositivo tecnológico que encarga de controlar su funcionamiento en base a una serie de elementos definidos ya con anterioridad. El sistema que se crea con la incorporación del dispositivo denominado genéricamente automatismo, es capaz de reaccionar ante situaciones que se presentan ejerciendo la función de control para la que ha sido concebido.



En el siguiente esquema a bloque se presenta un sistema automático. Existe una unidad de control encargada de realizar todas las operaciones relacionadas con el proceso que debe realizarse en forma automática: dicha UC recibe informaciones procedentes de sensores o captores que informan cambios físicos que tienen lugar como consecuencia de la función para la que se diseñó el sistema automático. En función de la información recibida, la UC genera una serie de órdenes que se transmiten al equipo o proceso a través de accionadores que transforman las órdenes en magnitudes o cambios físicos en el sistema.

Esto quiere decir que la automatización consiste en un sistema de lazo cerrado, en el que existe un continuo flujo de información desde el equipo o proceso a la unidad de control, y desde esta a aquel. La información recibida de la UCP (unidad central de procesamiento), se procesa según el programa que contenga el sistema (denominado algoritmo), del que se obtienen las órdenes que fijaran el funcionamiento del equipo o proceso industrial.

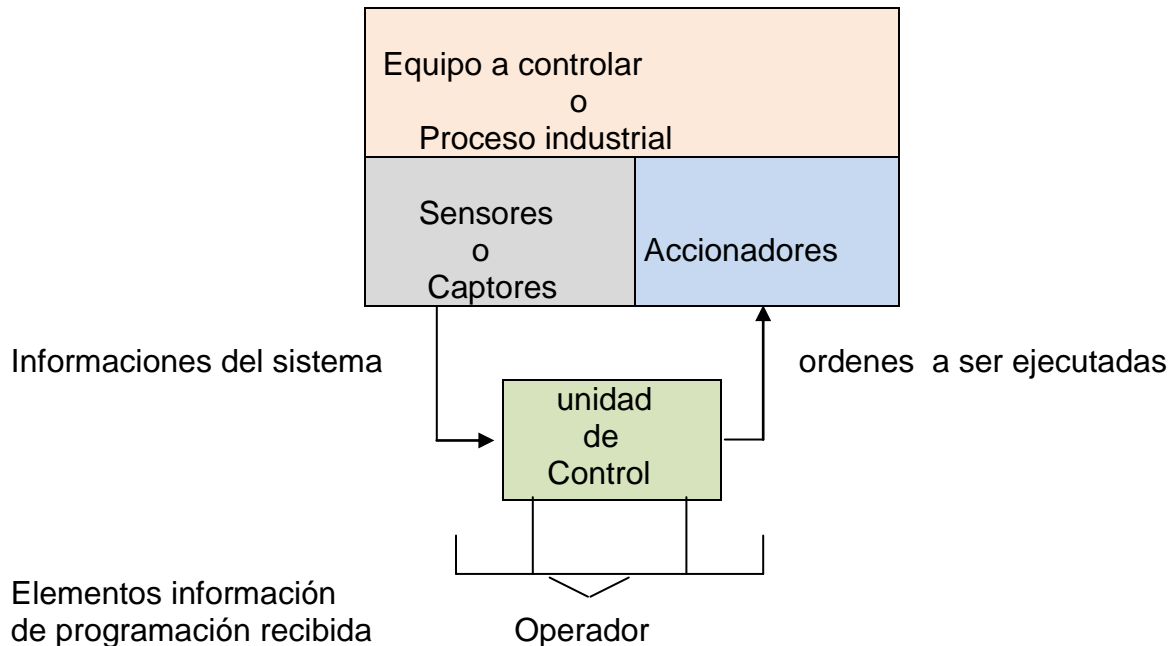


Por otra parte, la unidad de control es capaz de proporcionar información ya elaborada sobre el estado y evolución del sistema, al operador mediante un sistema de monitoreo. Por otra parte el operador mediante un sistema de monitoreo: por otra parte el operador puede intervenir en el desarrollo del control mediante las consignas que modifican los parámetros del algoritmo de control, o puede tomar el mando total pasando el sistema a control manual, con lo cual dejara de operar automáticamente (esto significa que el sistema automático también puede operar en forma manual).

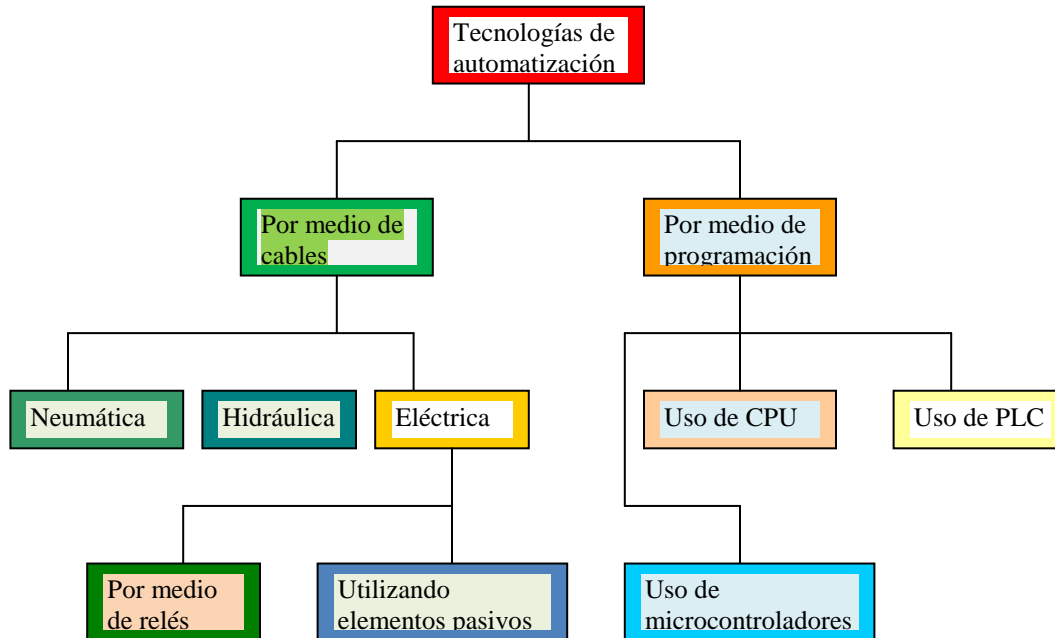
Todo sistema automático persigue lo siguiente:

- tener un buen sistema de calidad y confiabilidad.
- Interpretar cambios que se produzcan, los que deben ocasionar acciones que deben realizar el proceso.
- Mejorar la productividad y disminuir los costos.
- Adaptarse con facilidad y en breve tiempo a los cambios del mercado (nuevos productos).





La evolución tecnológica ha permitido la realización de automatismos cada vez más complejos. El nivel de automatización no ha dejado de elevarse, Por ejemplo a mediados de los 70s en el país no había un uso tan expandido de la automatización, aunque ya se presentaban algunos cambios. Una empresa telefónica se interesó en actualizar una central electromecánica totalmente automática; a dicha central se incorporó una nueva tecnología totalmente electrónica, de programa almacenado, que costó menos de la mitad que la primera y tenía 4 veces las prestaciones de la electromecánica, En aquella época se desconocían los alcances de un autómatas programable, un PLC y ni que hablar de una computadora personal. En aquel entonces las tecnologías cableadas (eran el corazón de la central electromecánica) ya estaban siendo reemplazadas por programas almacenados: esto nos lleva a decir que las tecnologías empleadas en la automatización puede clasificarse en dos grandes grupos: tecnologías cableadas y tecnologías programadas o programables.



Los automatismos cableados se realizan en base a uniones físicas de los elementos que constituyen la unidad de control. Tanto los sensores como los actuadores pueden ser neumáticos, hidráulicos o electrónicos, ya sean mediante relés o elementos electrónicos pasivos.

De lo dicho hasta ahora y tomando como base el ejemplo dado con una central electromecánica, podemos decir que un automatismo cableado posee las siguientes desventajas:

- Ocupa mucho espacio.
- Es muy difícil realizar modificaciones o ampliaciones.
- Es difícil la identificación y resolución de problemas.
- Es casi imposible realizar funciones complejas con moderada cantidad de elementos.

Con el advenimiento de la tecnología programada, gran parte de estos problemas fueron rápidamente superados. Los miniordenadores se aplicaron allí donde la cantidad de la información y complejidad del algoritmo de control hacían extremadamente complicado el empleo de equipos cableado; un campo particularmente propicio fue el de la industria de proceso (química, petroquímica, etc.).

Cabe aclarar que la tecnología programada se hizo factible gracias a la aparición de los autómatas programables entre los que se encuentran los PLC (controladores Lógicos Programables).

El autómatas fue una alternativa a la aplicación de los equipos informáticos en la industria ya que estos, si bien peleaban los inconvenientes de las técnicas cableadas, aportaban una nueva problemática para su empleo generalizado en el control industrial debido a que se adaptaban poco a las condiciones del medio

industrial, requerían personal especializado para la programación, tenían un costo elevado del equipo, etc.

Los autómatas aportaron una disminución del costo del equipo haciendo posible la aplicación de un equipo informático en aplicaciones relativamente pequeñas, pero todavía adolecía la problemática de adaptación al medio industrial y la necesidad de especialistas para su aplicación y mantenimiento.

### **Constitución básica de un PLC.**

El autómata programable industrial es una máquina electrónica digital programable que está constituida por dos elementos básicos: -La unidad Central de Proceso (CPU).

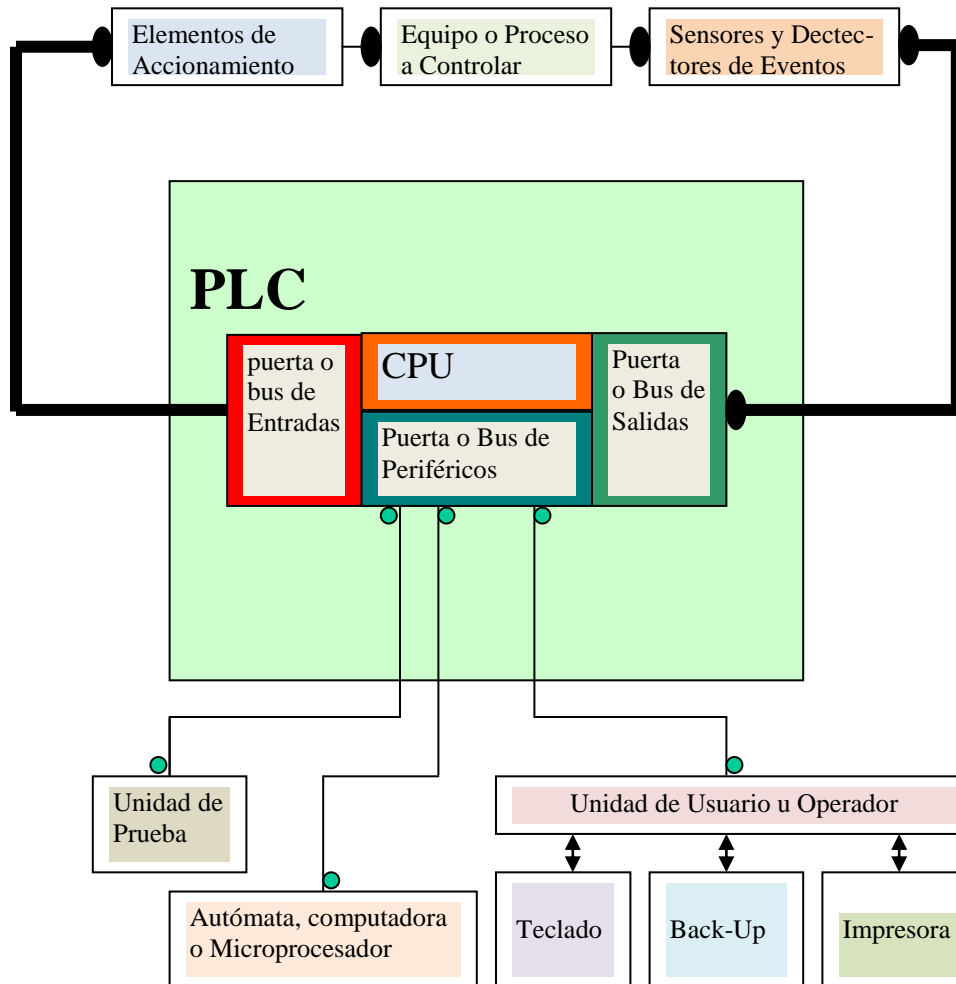
### **El sistema de entradas y salidas (E/S).**

Con estos dos elementos, se puede accionar sobre la máquina o proceso a controlar, pero existen otros componentes aunque no forman parte del controlador como equipo, son necesarios para su aplicación. Estos componentes generalmente denominados periféricos, son equipos de programación, las unidades de dialogo y prueba, las impresoras, etc. También forman parte del sistema otros autómatas, equipos de control numérico (CNC), robots y ordenadores.

La Unidad Central de Procesamiento, que se considera formada por el procesador y la memoria, es la parte inteligente o el corazón del sistema se encarga de realizar las tareas de control interno y externo mediante la interpretación de instrucciones o códigos de operación almacenados en la memoria, y los datos que obtiene de las entradas y que genera hacia las salidas.

El sistema de entradas y salidas se encarga de adaptar la tensión de trabajo de los dispositivos de campo a la tensión con que trabajan los circuitos electrónicos del PLC y proporciona el medio de identificación de esos dispositivos ante el procesador.

Como equipo electrónico constituido por circuitos que trabajan con niveles de tensión bajos, de 5 Vcc en general(aunque los hay de 24V), en su diseño y fabricación se tiene en cuenta que deben trabajar en un ambiente industrial, lo que significa condiciones adversas por la existencia de vibraciones, ruidos, humedad, temperatura no controlada, y perturbaciones eléctricas producidas por la interferencia electromagnética(EM) debida a la conmutación de grandes cargas, y la interferencia de radiofrecuencia(RFI).



### Como Funciona un Autómata Programable.

Con el tiempo, los PLC'S han evolucionado para reducir los problemas que causan las condiciones adversas que se presentan en la industria, con el objeto de aumentar al máximo la fiabilidad del controlador, para ello, el diseño y fabricación del PLC de uso Industrial, se siguen los siguientes procedimientos:

- Se emplean componentes electrónicos confiables, aptos para la industria (no podría emplearse un CA555 común, por ejemplo, dado que se dispararía solo cada vez que existe una interferencia producida por el encendido de una máquina de potencia).
- Se proyectan los equipos para condiciones extremas de trabajo: pruebas de interferencia, pruebas de acoplamiento electrostáticos, verificación de funcionamiento bajo condiciones límites de temperatura y humedad, etc.
- Se comprueban los componentes con simuladores virtuales y computadoras.
- Se emplean métodos de montaje automatizados.

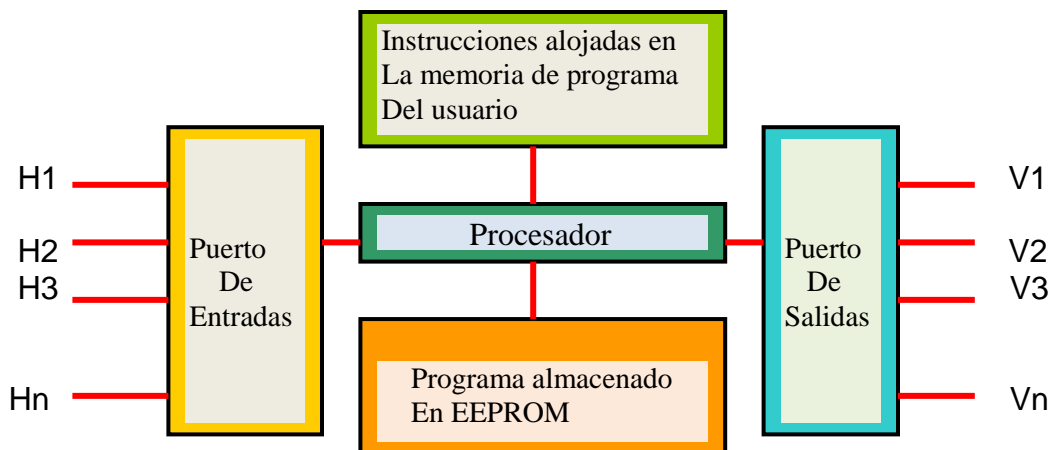
- Se realiza la prueba controlada por computadora de todos los subconjuntos funcionales y de los módulos.

Se proyectan operaciones de auto diagnóstico.

Una vez en funcionamiento, se debe realizar una comprobación constante del sistema de entrada-salida de datos

Dijimos que en los sistemas con tecnología cableada, las ecuaciones de control (circuitos lógicos), se realizan mediante uniones físicas entre los componentes, contactos de relé, resistencia transistor, etc. En esta tecnología, el tratamiento de la información se realiza en paralelo de modo que todas las variables ingresadas se procesan de acuerdo a una lógica establecida por el programa con objeto de tener un resultado que definirá el funcionamiento del sistema.

Los controladores lógicos programables emplean un procesador binario que es capaz de interpretar una serie de códigos o instrucciones que especifican las acciones a realizar en función del estado de las variables del sistema. El procesador puede interpretar una sola instrucción en cada instante, aunque lo hace a gran velocidad (microsegundos): en esta forma de actuar introduce el concepto de tratamiento secuencial de la información que se ilustra en la siguiente figura.



En el PLC las instrucciones se almacenan en una memoria de programa y que generalmente, es una EEPROM. El procesador recoge los estados de las señales de entrada y los almacena en otra memoria denominada tabla de E/S.

Las instrucciones las ingresa una a continuación de la otra para ejecutar operaciones de acuerdo con las sentencias grabadas en la EEPROM, arrojando resultados que también serán volcados en posiciones de memoria de datos para formar la tabla de E/S. Una vez finalizada la lectura de programa, tiene lugar la actualización de estados de E/S para lo que se transfieren a las salidas los resultados obtenidos y se vuelven a almacenar los estados de las entradas.

En un autómatas programable existe un tiempo de respuesta, cuya magnitud es función de la cantidad y complejidad de las instrucciones que forman el programa

y de la velocidad con que se ejecutan; durante la resolución del programa el equipo ignora la evolución externa de la máquina o proceso.

En ciertas aplicaciones de evolución muy rápida esto puede llegar a ser un problema, ya que llegara a perderse alguna información, y en consecuencia puede darse un funcionamiento erróneo.



El tipo de PLC mostrado ejecuta una gran cantidad funciones porgramadas. En un rack UR2 de 9 ranuras de izquierda a derecha. Fuente de alimentación PS4074A, CPU 416-3,Modulo de interfaz, IM 460-0 y Procesador de comunicaciones CP 443-1

Como ya se menciona anteriormente, y se recalca nuevamente, las fallas en un sistema de control pueden deberse a: fallas en los motores, fallas en los arrancadores y demás protecciones contenidas en él sistema, y también en un mal funcionamiento por parte del PLC.

En ocasiones habrá que cubrir el turno de trabajo por sí solos, sin contar con la pareja de trabajo. En algunas empresas que cuentan con una vasta cuadrilla de personal de mantenimiento tienen por ejemplo un electricista, un mecánico y un técnico electrónico o un electricista y un electrónico; pero ¿sí alguno de ellos falta al turno correspondiente? Habrá que sacar el trabajo que se presente y enfrentar las fallas, porque los supervisores de producción tienen que sacar la producción que se les asigno ese día. Por ello por experiencia propia tenemos que conocer, si no a perfección si los principios de cómo funciona cada equipo.

## CAPITULO 8.

### **MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE FALLAS DE LOS ARRANCADORES.**

En el capitulo anterior planteé la pregunta ¿si el compañero de trabajo que es el que tiene más experiencia, mayor conocimiento de las maquinas por tener más años en la empresa falta algunos días al trabajo y tengo pocos días y poca experiencia en los equipos? ¿Qué hacer?.

En una ocasión teniendo alrededor de un mes trabajando de electromecánico en la planta de DANA EJES TRACTIVOS. Falto un sábado mi maestro de trabajo, sin previo aviso decidió irse de parranda.

El turno correspondiente a cubrir era de 7:00 PM a 6:00 AM.

Espere la llegada de mi compañero, ya que por mi poca experiencia en ese tipo de maquinas controladas por PLC. Y a recomendación del supervisor de mantenimiento ningún técnico debía trabajar solo. Dando las 9:30 PM. Empezaron a surgir fallas, porque en ese momento la maquinaria comenzó a trabajar en su totalidad, así comenzaron llamarme porque algunas maquinas no funcionaban bien, una de ellas no colocaba todos tornillos en los barrenos del diferencial.

Este tipo de máquina tiene una secuencia de arranque y el operador no la había iniciado correctamente. Eso no lo sabía ni yo ni el operador que cuando ocurría esta falla llegaba mi compañero sin mencionar palabra lo hacía correctamente y funcionaba bien. Tuve que enfrentar la falla. Le dije al operador que iniciara secuencia de arranque, fijándome en cada paso y no concordaba con la secuencia correcta volviendo a presentar la falla. Finalmente inicié la secuencia correcta y la máquina funcionó sin problemas. Como recomendación cuando seamos llamados a solucionar una falla preguntemos al operador todos los detalles de esta de ser posible nos muestre la forma como opera la máquina ya que es de gran ayuda y en ocasiones nos dan la solución a su problema.

De manera general el Mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos e instalaciones que se encuentran comúnmente en las industrias.

#### **Objetivos del Mantenimiento.**

- 1.-Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- 2.-Evitar, reducir, o llegado el caso, reparar, fallas sobre los equipos.
- 3.-Disminuir la gravedad de las fallas que no puedan evitar.
- 4.-Evitar interrupciones inútiles del proceso.
- 5.-Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- 6.-Balancear el costo de mantenimiento con el lucro cesante.
- 7.-Prolongar la vida útil de los bienes.



El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.



Hoy en día conviven diversas estrategias de mantenimiento aceptadas en mayor o menor medida en función de la necesidad de cada proceso productivo: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo (sistemático o condicional), mantenimiento predictivo, mantenimiento productivo total (TPM), mantenimiento centrado en la confiabilidad, etc.



Revise que los conductores de ventilación del arrancador estén libres de polvo y suciedad, revise también que el ventilador este funcionando y gire con libertad.

El ventilador puede revisarse sin tensión, de modo que sea posible girar las aspas. Sin resistencia alguna. No deberán girar en forma pesada, ni parar forzosamente.

## **Recomendaciones para la localización de algunas fallas en los arrancadores.**

### **Falla**

El motor se para en el arranque

### **Posible causa.**

¿Pérdida de fase en el circuito principal?, ¿El relé de sobre carga disparo y se abrió el circuito principal?, ¿ha disparado un fusible?

### **Revisar:**

Revise todas las conexiones.

- RESET. Enviar la señal de paro o desconectar la tensión entre las terminales 1 y 2
- ¿Hay algún sobrecalentamiento en el arrancador? La misma falla volverá a ocurrir aun cuando se restablezca el arrancador

Los dispositivos de protección de estado sólido como los arrancadores para motores no solo brindan la protección común que es la de interrumpir en caso de falla el funcionamiento del equipo contra las corrientes de sobrecarga a las cuales el motor está sujeto, sino que también proveen más información y protección contra otras condiciones de falla.

Los arrancadores además de la protección eléctrica participan en la protección por fallas en el sistema electrónico que incluyen:

- Pérdida de fase
- Desbalance de fase
- Protección de sobrecarga
- Falla a tierra
- Protección contra underload (bajo voltaje).
- Protección contra sobre-temperatura

Los cambios adicionados a los arrancadores permiten que estos sean utilizados por el personal de mantenimiento para proteger a los motores contra más tipos de fallas en aplicaciones especiales de los motores en la industria. Es bueno conocer las protecciones que puede brindar para pueda ser utilizada en las etapas de la

máquina donde esta protección se a necesaria para mejorar el desempeño del proceso automatizado.

## **Una guía de seguimiento para la localización de fallas en los arrancadores.**

**1.- El síntoma es el siguiente** se escucha que el motor esta zumbando. Y además arranca sin señal de arranque.

**Posible causa.** Uno o más de los tiristores puede estar en corte circuito o abierto en una palabra dañado.

A consecuencia de esto el contactor de by-pass puede estar bloqueado y en posición de cerrado por ello girara sin señal de arranque.

## **2.- El motor no arranca**

Si el motor no arranca puede deberse a una cantidad de posibles causas para lo cual es necesario responder a esta interrogantes.

- ¿Se ha dado la señal de arranque (circuito cerrado entre 5y6)?
- ¿Está cerrado el circuito entre 6y4?
- Verifique que las señales de arranque y para no estén cortocircuitándose y se envíen al mismo tiempo.
- ¿El switch Línea /Delta S1 está en la posición correcta?.
- ¿Se conecto a la frecuencia correcta?.
- ¿Está el switch Línea / (delta) triangulo S1 en la posición correcta?.
- Se hizo correctamente la conexión dentro de la Delta.
- ¿Está conectado el circuito principal a las terminales L, L2, L5.
- ¿El relé térmico de sobrecarga disparo y abrió el contactor principal.
- Después de esta secuencia de pasos no queda más que revisar todas las conexiones que se involucren con el funcionamiento del motor.
- **RESET:** Enviar la señal de paro o desconectar la tensión entre las terminales 1y 2. Si no es posible eliminar la falla con RESET puede ocurrir que el procesador este dañado.

**Si** hay algún sobrecalentamiento en el arrancador la falla puede presentarse una vez más y todas las veces que se restablezca el funcionamiento si el arrancador continúa demasiado caliente.

Revise que los ventiladores funcionen de forma adecuada. También revise que los conductos de ventilación estén libres de suciedad y polvo.

- Si el fallo ocurre dentro de 60 segundos o más después de la señal de arranque, entonces el arrancador está tratando de hacer la rampa de arranque, pero no lo está logrando. (revise todas las conexiones).

- Revise si se está utilizando un transformador de corriente si es así revise el potenciómetro para límite de corriente ajustado a un valor suficientemente alto.
- Revise si el Switch Línea/Triangulo en la posición correcta.
- Revise si que conexión se está utilizando y de ser delta, revise si la conexión está cerrada y las conexiones realizadas son las correctas.
- Nuevamente **RESET** (enviar la señal de paro desconectar la tensión entre las terminales 1y2).

#### 4. FALLA: El motor se para en el arranque.

- Causa posible pérdida de una fase en el circuito principal.
- El relé de de sobrecarga puede disparar y abrir el circuito principal revisar si está dañado.
- Revise los fusibles.
- Revise todas las conexiones asociadas al motor.
- Por último RESET, posiblemente si causa no fue grave sea suficiente.

**Si** continua la falla.

- Revise si hay sobrecalentamiento del arrancador, la falla persistirá una vez que se restablezca el arrancador ocasionando la falla por exceso de temperatura. También revise los ventiladores y los accesos de ventilación, deben estar libres de suciedad y polvo.

Nuevamente procure eliminar el fallo con el **RESET** del arrancador, si no es posible entonces puede pensarse que la causa sea que el procesador este dañado.

**Sí** La falla ocurre en un corto tiempo después de iniciado el arranque unos 60 segundos, es posible que el arrancador este tratando de hacer la rampa de arranque sin lograrlo.

- Revise las conexiones las fases y el arrancador.
- Uno o más tiristor puede estar dañado(en cortocircuito o abierto).
- Revise la posición del switch Línea/(delta)Triangulo S1 este en posición correcta; es decir “ En línea **revisar:**
- Si se está conectando el motor en delta, revisar que esta esté cerrada, revisar continuidad en las terminales de la misma y que las conexiones realizadas sean las correctas.
- Si encontramos la falla en algún tiristor y se cambio, por ultimo nuevamente **RESET**. (enviar la señal de paro o desconectar momentáneamente la tensión en las terminales 1 y 2).

### **5.- Falla durante el paro.**

Esta falla suele ocurrir durante el periodo de paro, es decir se deja sin funcionar la máquina por un periodo determinado de tiempo (unas horas, un día) y ya no funciona.

Se debe revisar:

- La pérdida de fase en el circuito principal.
- Que el contactor principal no dispare antes de que la rampa de arranque termine.
- Revisar que el estado de los fusibles.
- Revisar la pérdida de fase del lado de la carga. (revise todas las conexiones asociadas a la carga).
- RESET (envíe primera la señal de arranque, luego la señal de paro).

### **6.-Falla. Se escucha ruido extraño en el motor durante el arranque y en operación.**

- Sí el motor es pequeño con relación a la carga posiblemente se está forzando su funcionamiento.
- Revise que el switch de Línea/Delta(triangulo este en su posición correcta
- Revise las conexiones de la delta.
- Revise las conexiones de las fases antes y después de la carga (todas las conexiones).

### **7.- Falla. Ruido extraño en el motor durante el tiempo que tarda en parar o durante la rampa de paro del motor o También puede ser que realice una rampa de paro demasiado rápida.**

- Intente mejorar de alguna forma el paro (realizando algunos ajustes en el arrancador que pueden dar mejores resultados de paro).
- Revise alguna pérdida de fase antes y después de la carga (revise y reapriete todas las conexiones).
- Revise que el switch Línea/Delta S1 este en su posición correcta que permita la realización de la rampa de arranque.
- Como punto importante en este caso es necesario saber que los ajustes que se realicen para el paro electrónico solo pueden hacerse cuando los motores se detienen demasiado rápido con el paro directo. En ciertas ocasiones el verdadero tiempo de rampa difiere del preestablecido por el fabricante.
- **Si** el motor arranca y para de manera suave no tenemos pro que preocuparnos, ya que todo está correcto.



1. Revise si está conectada la tensión principal a las terminales 1L1, 3L2, 5L3. Si están conectadas

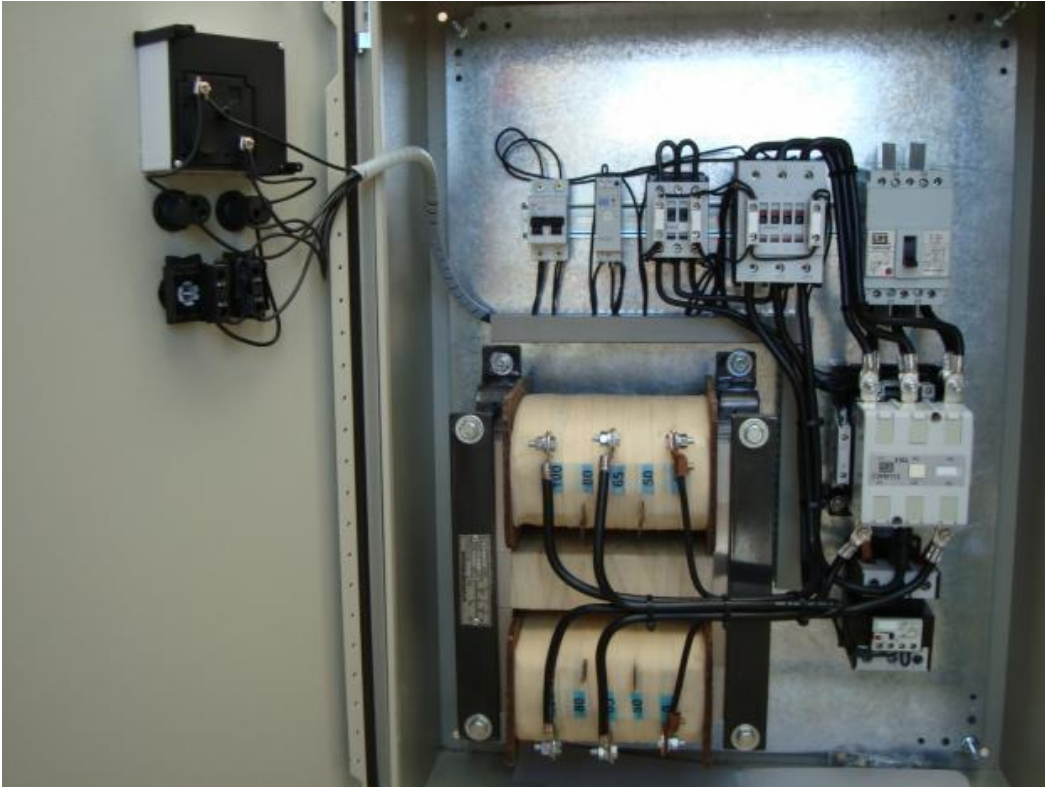
Los dispositivos de protección de estado sólido para motores pueden monitorear la corriente de fase la cual es utilizada para proveer la protección de desbalance de fase y pérdida de fase.

En conclusión, todas las funciones de protección antes mencionadas son funciones que previamente estaban disponibles por otras clases de paneles de control usados con los relevadores de sobrecarga electromecánicos o utilizando componentes redundantes. El uso de electrónica en los dispositivos de protección de estado sólido para motores elimina la necesidad de muchos paneles de control extras y componentes.

La eliminación de estos componentes y paneles incrementa la confiabilidad del sistema porque hay menos componentes en el sistema que pueden fallar. Adicionalmente, los costos de instalación pueden ser reducidos porque hay mucho menos puntos que cablear, menos componentes que instalar en el panel de control, y los paneles pueden volverse físicamente más pequeños porque las funciones de protección están incorporadas en otro dispositivo, de esta forma, liberando valioso espacio en los paneles y espacio en las máquinas requeridas para soportar los paneles de control.

Por último en este capítulo aparecen una serie de fotos acerca del mantenimiento a un arrancador. Se puede observar la destrucción del elemento de protección del arrancador. Que se fundió debido a la persistencia de la falla que llevo a quemar

también la bobina. En este caso se reemplazo tanto el elemento fundido, como la bobina.

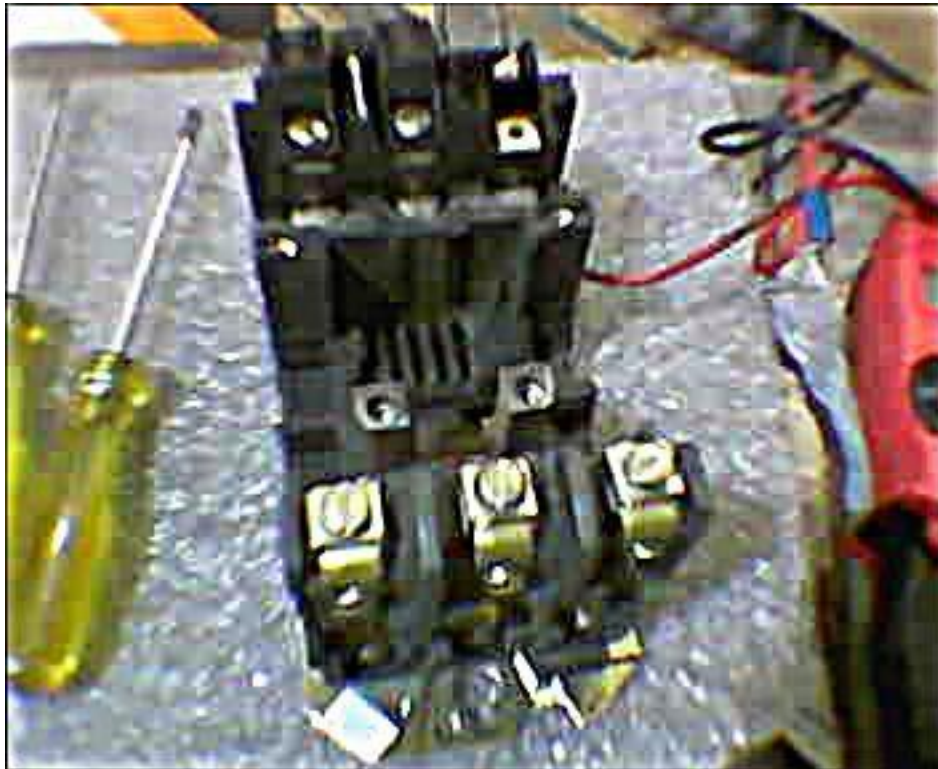


Puntos clave para iniciar la revisión de una falla en motores eléctricos.



Puntos clave para iniciar la revisión de una falla en motores eléctricos.

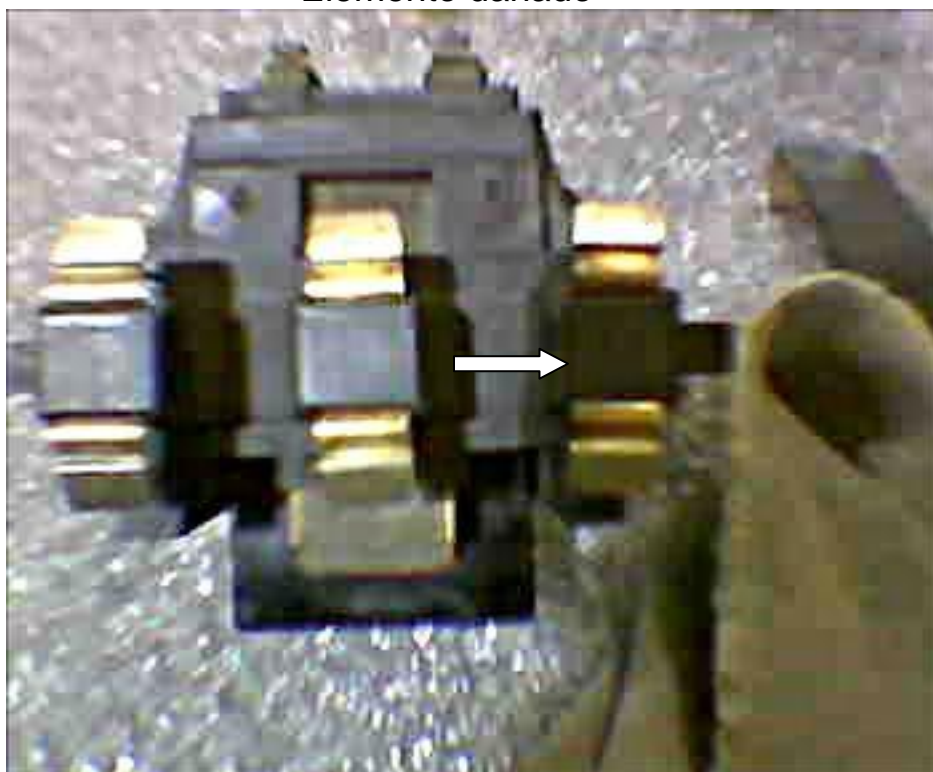




mantenimiento correctivo de un arrancador



Elemento dañado



Parte afectada por el elemento de la foto anterior. En esta ocasión se quemó también la bobina, se cambiaron las dos piezas y se ensambló nuevamente el arrancador.



Sistema de control con PLC, arrancadores y fusibles de protección



PLC en funcionamiento.



## CAPITULO 9.

### **MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS.**

Este capítulo es de vital importancia en el presente trabajo, porque de un buen mantenimiento preventivo realizado periódicamente durante el año, dependerá el prevenir y detectar antes de que suceda alguna posible falla en los equipos, que en caso de ocurrir. Tengamos que realizar como consecuencia un mantenimiento correctivo. Que pudiéramos haber diagnosticado con anterioridad y repararla antes de que sea más grave y provoque daños, y esto repercute en ocasiones en un gran desembolso económico que se hubiera podido evitar.

También será importante conocer el procedimiento a seguir para la realización de un buen mantenimiento, así como las herramientas necesarias con que debe contar nuestro taller de mantenimiento para la realización de las tareas de reparación.

El ingeniero de mantenimiento. Requiere de una combinación de conocimientos teóricos, cuidado y sentido común unido al conocimiento práctico de la forma en que han de operar los equipos, lo cual se obtiene con el transcurso del tiempo, cuando la experiencia completada con la información llevada a la práctica le lleva a discernir los detalles esenciales para lograr un buen trabajo de mantenimiento.

Debido a que el uso de los motores se ha difundido mucho y los fabricantes han desarrollado métodos modernos buscando cada vez la mayor producción en serie, adicionando a los motores diversas partes motrices, haciendo que las tareas de mantenimiento sean más laboriosas, ya que se hace más difícil y complicado encontrar la parte que ocasiona la avería en el equipo.

Una de las cosas que debe conocer toda persona que se interese en el mantenimiento de los motores es interpretar lo que nos dice el fabricante en la placa de un motor eléctrico y que es de fundamental importancia.


Una de las preocupaciones de los profesionales de la electricidad, es saber identificar los diferentes componentes eléctricos en el taller o en la industria. En esta ocasión haremos un estudio de como identificar las características técnicas de cualquier motor eléctrico.


Por ciertas normativas, tanto nacionales como internacionales, todos los motores eléctricos deben tener una o dos placas identificativas, según el caso.

Vamos a utilizar para la explicación, dos placas correspondientes a tres motores de diferentes marcas.

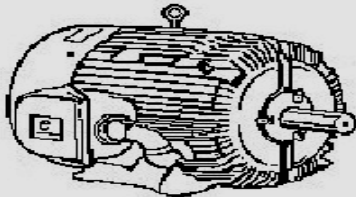


## Características técnicas de la placa No.1 motor TATUNG.

3 PHASE INDUCTION MOTOR ULTRA POWER SERIES			
	MODEL NO.	TB0014DFA	
	VOLTS	208-230/460	AMP. 3.8-3.6/1.8
	ENCL.	DDP	FRAME NO. 143T
	MAX. AMB.	40 °C	SERVICE FACTOR 1.15
HP	1	TIME RATING	CONT.
RPM	1720	BRG.	D.E. 6205ZZ
INS.	B	KVA CODE	K
HZ	60	NEMA F.L. EFF.	77
		DATE CODE	0396
		NO.	O.D.E. 6205ZZ
		NEMA DESIGN	B
		SER #	001687411



MADE IN TAIWAN R.O.C.  
4-20706



### 1. Número de serie

[SERIAL No. / I.D.]: Es el número exclusivo de cada motor o diseño para su identificación, en caso de que sea necesario ponerse en comunicación con el fabricante.

### 2.-Tipo

[TYPE]: Combinación de letras, números o ambos, seleccionados por el fabricante para identificar el tipo de carcasa y de cualquier modificación importante en ella. Es necesario tener el sistema de claves del fabricante para entender este dato.

### 3. Número de modelo

[MODEL/ STYLE]: Datos adicionales de identificación del fabricante.

### 4. Potencia

[HP]: La potencia nominal (hp) es la que desarrolla el motor en su eje cuando se aplican el voltaje y frecuencia nominales en las terminales del motor, con un factor deservicio de 1.0.

### 5. Armazón o Carcasa

[FRAME]: La designación del tamaño de la armazón es para identificar las dimensiones del motor. Si se trata de una armazón normalizada por la NEMA o IEC incluye las dimensiones para montaje (que indica la MG1), con lo cual no se requieren los dibujos de fábrica.

## **6. Factor de servicio [SERVICE**

FACTOR o SF]: Los factores de servicio más comunes son de 1.0 a 1.15. Un factor de 1.0 significa que no debe demandarse que el motor entregue más potencia que la nominal, si se quiere evitar daño al aislamiento. Con uno de 1.15 (o cualquiera mayor de 1.0), el motor puede hacerse trabajar hasta una potencia igual a la nominal multiplicada por el factor de servicio sin que ocurran daños al sistema de aislamiento. Sin embargo, debe tenerse presente que el funcionamiento continuo dentro del intervalo del factor de servicio hará que se reduzca la duración esperada del sistema de aislamiento.

## **7. Corriente**

[AMPS]: Indica la intensidad de la corriente que toma el motor al voltaje y frecuencia nominales, cuando funciona a plena carga (corriente nominal).

## **8. Voltaje**

[VOLTS]: Valor de la tensión de diseño del motor, que debe ser medida en las terminales del motor, y no la de la línea. Los voltajes nominales estándar se presentan en la publicación MG1-10-30.

## **9. Clase de aislamiento**

[INSULATION CLASS]: Se indica la clase de materiales de aislamiento utilizados en el devanado del estator. Son sustancias aislantes sometidas a pruebas para determinar su duración al exponerlas a temperaturas predeterminadas. La temperatura máxima de trabajo del aislamiento clase B es de 130 °C; la de clase F es de 155 °C, y la de clase H, de 180 °C.

## **10. Velocidad**

[RPM]: Es la velocidad de rotación (rpm) del eje del motor cuando se entrega la potencia nominal a la máquina impulsada, con el voltaje y la frecuencia nominales aplicados a las terminales del motor (velocidad nominal). 11. Frecuencia [HERTZ o Hz]: Es la frecuencia eléctrica (Hz) del sistema de suministro para la cual está diseñado el motor. Posiblemente este también funcione con otras frecuencias, pero se alteraría su funcionamiento y podría sufrir daños.

## **12. Servicio o Uso**





[DUTY]: En este espacio se graba la indicación «intermitente» o «continuo». Esta última significa que el motor puede funcionar las 24 horas los 365 días del año, durante muchos años. Si es intermitente se indica el periodo de trabajo, lo cual significa que el motor puede operar a plena carga durante ese tiempo. Una vez transcurrido éste, hay que parar el motor y esperar a que se enfríe antes de que arranque de nuevo.

## **13. Temperatura ambiente**

[AMBIENT]: Es la temperatura ambiente máxima (°C) a la cual el motor puede desarrollar su potencia nominal sin peligro. Si la temperatura ambiente es mayor que la señalada, hay que reducir la potencia de salida del motor para evitar daños al sistema de aislamiento.



## Identificación Placa No. 2 correspondiente a un motor SIEMENS.

3  Mot. IPH7 184-2AF000BA3				N° N-UD1191541010001 /2006		
IMB 3	IP 55		Th.CI.F		Gew / WT	370 Kg
V	A	KW	Cos $\phi$	Hz	1/min	
355 	120	51	0.78	51	1500	
388 	120	60	0.78	59	1750	
450 	120	68	0.78	67	2000	
EN / IEC 60034-1				max. 5000 1/min		
KTY84						

Veamos lo que nos muestra la placa representada en la figura anterior:

1. En primer lugar, nos está indicando que se trata de un motor trifásico alterno. Solo tenemos que fijarnos en el 3 y el símbolo de corriente alterna.
2. Cada fabricante tiene su propia nomenclatura para identificar la clase o tipo de motor. Esto solo lo podemos saber consultando los catálogos de los fabricantes o a través de internet. En el ejemplo que nos ocupa, tenemos la nomenclatura **1PH7** que mirando el catálogo de Siemens, sabemos que se trata de un motor trifásico asíncrono de JAULA DE ARDILLA.
3. También disponemos de un número de serie que nos indica la fecha de fabricación, entre otras cosas poco relevantes para nosotros.
4. La nomenclatura **IM B3** nos indica las características mecánicas correspondientes al modelo del ejemplo, nos referimos a la forma constructiva, es decir, medidas, tamaños. Cada fabricante tiene su propia nomenclatura.
5. La nomenclatura **IP 55** nos indica que tipo de protección mecánica tiene el modelo de motor. Hay que tener en cuenta varias cosas. En primer lugar, la nomenclatura está normalizada internacionalmente, lo que quiere decir que todos los fabricantes están sometidos a ella. En segundo lugar, tenemos que observar que la nomenclatura dispone de 2 números, lo cual quiere decir que cada número significa una cosa diferente. Podemos decir que se trata de una nomenclatura numérica
6. La nomenclatura **Th. Cl. F** nos indica que clase de aislamiento tiene el motor. En el ejemplo que nos ocupa, disponemos de un motor con aislamiento de clase **F**. Esta nomenclatura está normalizada.

Esto es respecto a las razones constructivas del motor. Ahora vamos a explicar las características eléctricas del ejemplo.

**1. Las tensiones:** La placa nos explica que el motor puede estar alimentado con tres tensiones diferentes, pero siempre con una conexión en estrella. Este dato es importante porque nos dice que tipo de arranque está disponible en el motor.

**2. Las intensidades:** Nos indica las intensidades que consumirá el motor en los arranques a diferentes tensiones. En este caso disponemos de tres tensiones, así que tenemos tres intensidades. El hecho que en el ejemplo sean iguales, **120A**, es solo una coincidencia.

**3. La potencia:** nos indica las diferentes potencias que el motor es capaz de generar para las diferentes tensiones de alimentación.

**4. El factor de potencia:** el factor de potencia **Cosφ** se refiere a la relación existente entre la potencia real y la potencia aparente. Cuando mayor sea el factor de potencia, mayor será la potencia transformada, es decir, mejor beneficio dará el motor.

**5. La frecuencia:** Cada frecuencia nos indica que potencia tendremos. Normalmente las frecuencias de red de los países de Europa suele ser de 50 Hz, aunque la frecuencia en América es de 60 los hay que tienen 50 Hz. En este ejemplo el fabricante nos indica que variando la frecuencia tendremos diferentes potencias.

**6. Las revoluciones:** Nos indica que número de revoluciones tiene el motor a cada tensión.

**7. EN/IEC 60034-1:** Es la normativa a la que está sometido el fabricante. Aquí podemos decir que IEC es igual que CEI.

### Identificación de la placa No. 3 correspondiente a un motor SIEMENS.

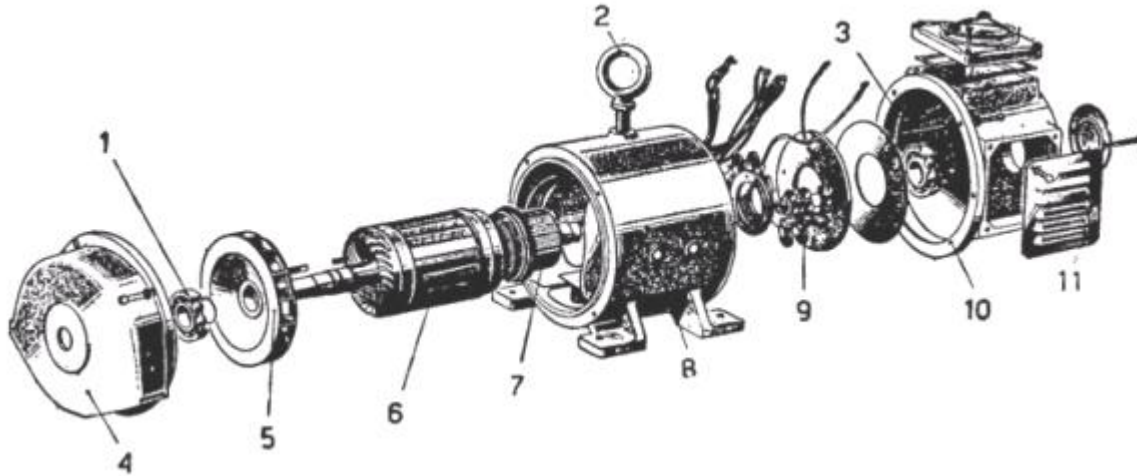
En esta ocasión vamos a analizar una placa de otro motor Siemens. Se puede observar que incluso el mismo fabricante dispone de diferentes diseños de placas dependiendo del tipo de motor:

3 ~ Mot. 1LA7096-4AA11 UD 0609/70322582-68				
IP 55	90L	IM B5	IEC/EN 60034	Th.CI.F
50Hz	230/400 V	$\Delta Y$	60 Hz	460 V $Y$
1.5 Kw	5.9/3.4 A		1.75 Kw	3.3 A
Cosφ 0.81	1420/ min		Cosφ 0.82	1720/ min
220-240/380-420V	$\Delta Y$		440-480 V $Y$	
6.1-6.1/3.5-3.5 A			3.4-3.4 A	
32144	6401			SF 1.1

Vamos a interpretar de la placa, lo que el fabricante nos dice de su motor.

1. En las características mecánicas podemos ver que se trata de un motor trifásico de **rotor de jaula** que es lo mismo que decir de JAULA DE ARDILLA. Lo vemos en la nomenclatura que nos proporciona el fabricante: **1LA**.
2. También nos indica la protección mecánica: **IP 55**; la forma constructiva: **IM B5**; la norma europea: **IEC/EN 60034**; y finalmente, el tipo de aislamiento: **Th. Cl. F**. Estas son sus características mecánicas.
3. Respecto a las características eléctricas, observamos:
4. El motor puede tener dos tipos de frecuencia, **50 Hz y 60 Hz**. Aquí se nota que el motor ha sido diseñado para diferentes países, pues utiliza dos frecuencias.
5. . Para cada frecuencia, el motor necesita unos valores de tensión diferentes, una intensidad absorbida diferente, tiene un  $\cos\phi$  distinto, y da una potencia distinta.
6. **Para la frecuencia de 50 Hz**. Observamos que puede tener una conexión tanto de estrella como delta.
7. Las primeras tensiones, **220-240 V**, corresponden a la conexión en delta mientras que las segundas tensiones, **380-420 V**, corresponden a la conexión en estrella.
8. Con la intensidad sucede exactamente lo mismo, es decir, las primeras intensidades corresponderán a la conexión en (delta); y las segundas intensidades, corresponderán a la conexión en estrella.
9. El factor de potencia es el mismo a diferentes conexiones y tensiones **Cos $\phi$  es 0.81**
10. **Para la frecuencia de 60 Hz**. Aquí tenemos que solo admite un tipo de conexión, en estrella.
11. Pero nos indica que puede llevar dos tensiones **440-480 V**
12. Las intensidades absorbidas, también son dos la primera corresponde a la primera tensión; y la segunda, como es de esperar, corresponde a la segunda tensión.
13. Las dos tensiones tienen en común el factor de potencia y la potencia útil del motor.
14. El resto de datos de la placa, corresponden a normativas y nomenclatura propia del fabricante.
15. Creo que con esto, ya nos podemos interpretar la placa cuando nos topemos con un motor que la tenga porque en ocasiones se llega a extraviar y entonces hará más difícil conocer sus características, lo único que nos falta, es saber qué tipo de motor es en realidad, porque la placa no lo indica, es decir, estamos obligados a consultar el catalogo del fabricante y auxiliarnos con los datos de placa.

Primeramente, en un programa de mantenimiento, se deberá contar con listas adecuadas de verificación, y realizar las prácticas de inspección y medición de la operación de motores con base a una planeación y un control riguroso de que las actividades se llevan a cabo.



En motores eléctricos se deberán controlar parámetros como:

- Voltaje, corriente, factor de potencia, y potencia que demanda.
- Temperatura de la carcasa y devanados.
- Lubricación y desgaste de chumaceras y baleros.
- Humedad en los devanados.
- Alineación y fijación correcta del motor, y acoplamiento mecánicos.
- Desgaste en el equipo conectado.
- Contactos eléctricos adecuados en conexiones y en protecciones.
- Funcionamiento adecuado de las protecciones eléctricas.

Para llevar a cabo el mantenimiento de los motores eléctricos de C.A. y C.D., con frecuencia es necesario que se efectúen pruebas de diagnóstico; esto requiere del conocimiento y correcto manejo de los instrumentos de prueba, de algunas herramientas y, por supuesto, de las metodologías de prueba que se deben aplicar en cada caso, según sea lo que se pretenda saber. Para esto, es necesario conocer los instrumentos de prueba, identificar las fallas y hacer uso de los métodos para diagnosticar fallas en motores eléctricos de C.A. y C.D. Para lo cual se requiere:

- Conocer y aplicar correctamente los instrumentos de prueba adoptando las medidas de seguridad necesarias.
- Determinar y analizar los tipos de falla en motores de C.A. y sus causas. □
- Elaborar programas de mantenimiento para motores eléctricos. Conviene comparar la lectura del amperímetro con el valor de la corriente a plena carga que aparece en la placa de datos del motor y con los valores registrados cuando

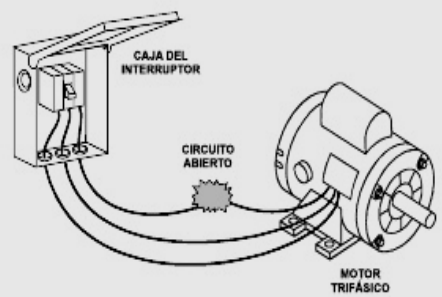
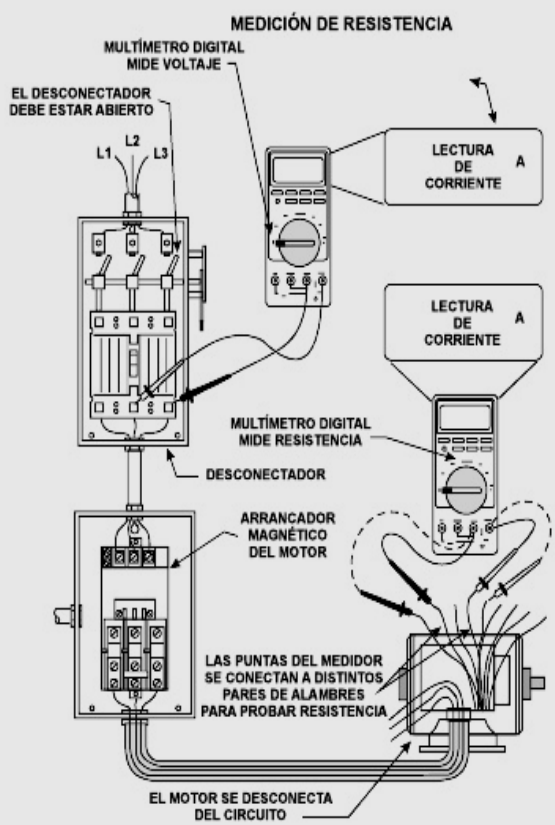
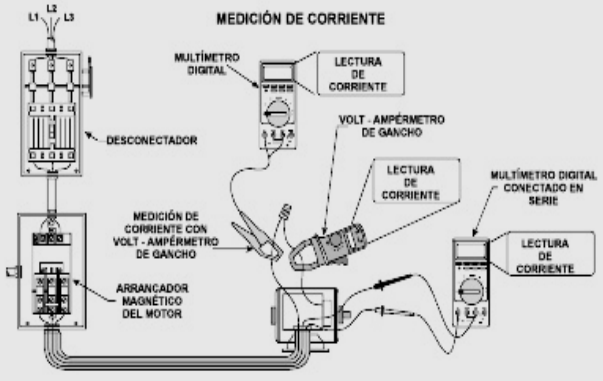
el motor fue puesto en operación. La corriente debe estar dentro del 10% de variación con respecto a su valor nominal, operando el motor a plena carga.

En un sistema trifásico, la corriente debe ser balanceada también. Una corriente desbalanceada puede indicar un problema con uno de los devanados del motor. Si estos valores varían en forma significativa, entonces es necesario medir el voltaje, que debe estar dentro de un rango del 10% de tolerancia con respecto a sus valores nominales. Esta medición se puede llevar a cabo también con un volt-amperímetro de gancho.

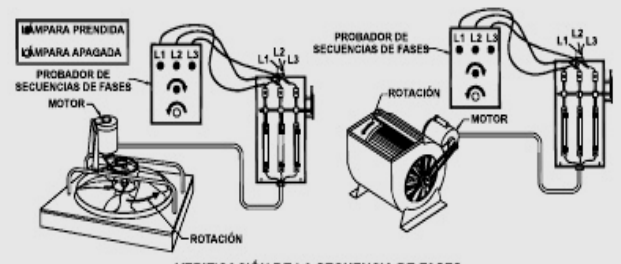
Cuando la corriente es alta y el voltaje bajo, la causa puede ser el motor, por lo que éste se desconecta de la línea y se mide el voltaje; si es demasiado alto o demasiado bajo, se debe corregir antes de proceder al desarrollo de pruebas eléctricas. Si el voltaje se eleva de su valor nominal con el motor desconectado, se tiene una mayor probabilidad de que el motor esté en falla. Se debe verificar primero un posible incremento en la carga mecánica, antes de suponer que se trata de un problema eléctrico.

El problema de la carga mecánica se puede derivar de un acoplamiento defectuoso, chumaceras en mal estado o falta de lubricación, así como un posible aumento en la carga accionada; cualquiera de estas causas produce un aumento en la corriente que demanda el motor, con la consecuente caída de tensión. La mayoría de las fallas eléctricas en los motores se deben principalmente a fallas del aislamiento de los devanados, ya que éstos fallan porque los motores operan con temperaturas arriba de sus valores nominales; esta condición puede ser causada por una sobrecarga o una pobre ventilación. También son causa de fallas en los motores eléctricos: la exposición a la humedad, las atmósferas corrosivas, el polvo, las limaduras o partículas metálicas, así como los arcos eléctricos en la alimentación o fallas en los controladores (arrancador, cuchillas, etcétera). Una de las fallas más comunes en los devanados (bobinados) es el cortocircuito; éste se puede dar cuando dos o más espiras están eléctricamente en contacto, cuando una espira hace contacto con las laminaciones del estator o rotor, o bien, con la carcasa. Durante el funcionamiento del motor, un cortocircuito puede estar provocado por una sobrecarga o exceso de corriente que caliente los devanados, de modo que esto puede hacer que se quemen los aislamientos de los conductores, quedando éstos al descubierto. Un cortocircuito en cualquier parte del devanado puede provocar una operación ruidosa del motor, con presencia del humo. Otro indicativo del cortocircuito es la demanda o consumo de una corriente elevada cuando el motor opera en vacío. Para la localización de bobinas en cortocircuito se pueden usar los siguientes procedimientos:

- 1) Si el motor lo permite, se pone en marcha y se deja operar durante algún tiempo, localizando al tacto la bobina más caliente, que será aquella que se encuentra en cortocircuito.



LA OPERACIÓN EN DOS FASES OCURRE CUANDO SE ABRE UNA FASE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA



VERIFICACIÓN DE LA SECUENCIA DE FASES EN UN MOTOR CON UN PROBADOR DE SECUENCIA DE FASES

LAS MEDICIONES DE RESISTENCIA SE TOMAN CON EL CIRCUITO DESENERGIZADO Y LA COMPONENTE POR MEDIR DESCONECTADA DEL CIRCUITO

Prueba para localizar una fase abierta, utilizando una lámpara de prueba.

1) Si la lámpara “prende” o enciende indica que hay continuidad y no hay ruptura en fases.

2) En caso que no prenda la fase está abierta. Para localizar fallas a tierra con la lámpara de prueba se pone una punta a la carcasa, la flecha o parte no energizada, y la otra punta al devanado por probar, si la lámpara prende o al menos chispea, indica falla a tierra, en caso contrario no se tiene falla.

En la práctica de los programas de mantenimiento se deberán implantar los procedimientos de visualización del estado del equipo mediante listas de verificación, en las cuales se registre el estado de operación del equipo, en este caso, de los motores eléctricos.

Formato de la lista para ser llenada al realizar el mantenimiento preventivo

El formato que de las listas deberá ser de fácil utilización e interpretación por todo el personal de mantenimiento. Es necesario contar con una base de datos en la cual se vaciaran los datos de las listas, por ejemplo en Excel. El propósito de esta lista de mantenimiento preventivo es tener una base de datos que apoye al almacenamiento y la clasificación de la información por cada motor.



Planta y/o instalación: \_\_\_\_\_  
Coordinador del programa: \_\_\_\_\_  
Elaboro: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_



**MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Tipo de motor \_\_\_\_\_

Ubicación donde se encuentra \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Secciones del equipo revisadas. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Partes o refacciones dañadas \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Material solicitado \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nombre del personal que interviene en la reparación \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## **Equipo básico para pruebas de mantenimiento.**

El equipo para pruebas de mantenimiento puede variar, pues en algunos casos habrá talleres que cuenten con un instrumental básico y otros que cuenten con él más completo y aun más un instrumental en exceso que rara vez se utiliza.

Para tratar de mencionar el equipo necesario en cada categoría de pruebas, el requerido en las siguientes pruebas es el más necesario e indispensable en cada caso; algunos que no se mencionan se utilizarán de acuerdo a las necesidades del usuario.

### **Pruebas de temperatura.**

Como las especificaciones del equipo eléctrico se expresan en grados Celsius °C, todos los termómetros deben tener esa escala para no tener que realizar la conversión. Las temperaturas nominales varían desde 400 °C Ambiente estándar) hasta 180 °C (aislamiento clase C) y las temperaturas que se midan es probable que varíen entre 20 y 200 °C.

1. - Termómetro. Los termómetros de vidrio son de precio razonable y suficiente exactitud. Están disponibles con ojillo para armarlos. No es aconsejable usar un termómetro con caja de acero en el equipo eléctrico. El bulbo se sujeta a la parte que se va a probar con mastiche o un plástico similar. Se deja el termómetro en su lugar hasta que se obtienen la lectura constante en un periodo de 5 minutos.

2. - Pirómetro de contacto. Este instrumento consta de un termopar y un voltímetro. El termopar genera un voltaje proporcional a la temperatura y el voltímetro está calibrado en grados de temperatura. La lectura se puede tomar en menos de un minuto. Se puede obtener las lecturas con conductores de diferentes longitudes.

3. - Detector de temperatura por resistencia (RTD). Estos instrumentos suelen tener aislamientos para altos voltajes y consisten en un elemento resistivo. La resistencia varía de acuerdo a la temperatura y se utiliza en un circuito puente, está calibrado en grados. Y con el empleo de conmutadores adecuados, se pueden probar cierto número de circuitos en secuencia.

4. - Equipo registrador. En ocasiones, se necesita una gráfica registrada durante cierto tiempo cuando hay temperaturas variables. El instrumento consta de un mecanismo registrador en combinación con los instrumentos mencionados en 1, 2 y 3.

### **Mediciones de voltaje.**

Dado que para muchos motores el voltaje correcto de funcionamiento es crítico, en todos los departamentos de mantenimiento preventivo deben saber cómo medir el voltaje que está consumiendo el motor para de esta manera se pueda monitorear su consumo periódicamente, ya que si en sus devanados se ha incrementado la impedancia original, el motor irá consumiendo más corriente y variará su voltaje.

1. - Voltímetro portátil y un amperímetro de gancho son imprescindibles. Estos instrumentos pueden tener una exactitud de 2% y su capacidad es de una mili

volts hasta 600 V de CA. O CD. Algunos de ellos pueden tener capacidad para lecturas hasta 6000 volts, pero solo se deben emplear en circuitos electrónicos, no en circuitos de potencia debido a su poco rango. También hay instrumentos especiales con los que se puede tomar lecturas de motores más grandes y de mayores potencias de trabajo.



### **Posibles causas de fallas de los motores eléctricos.**

#### **1-. Servicio de corta duración**

El motor alcanza el calentamiento límite durante el tiempo de funcionamiento prescrito (10-30-60 minutos), la pausa tras el tiempo de funcionamiento debe ser lo suficientemente larga para que el motor pueda enfriarse.

#### **2-. Servicio intermitente**

Se caracteriza por periodos alternos de pausa y trabajo.

#### **3-. Protección contra averías**

Si se daña un motor, deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Clase de máquina accionada.
- Potencia efectiva que debe desarrollar, HP.
- Velocidad de la máquina movida, RPM.
- Clase de transmisión (Acoplamiento elástico o rígido), sobre bancada común o separada, correa plana o trapezoidal, engranajes, tornillos sin fin, etc.
- Tensión entre fase de la red.
- Frecuencia de la red y velocidad del motor.
- Rotor anillos rozantes o jaula de ardilla.
- Clase de arranques, directo, estrella delta (triángulo), resistencias estáticas, resistencias retóricas, auto transformador, etc.
- Forma constructiva.
- Protección mecánica.
- Regulación de velocidad.
- Tiempo de duración a velocidad mínima.
- Par resistente de la máquina accionada (MKG).

- Sentido de giro de la máquina accionada mirando desde el lado de acoplamiento derecha, izquierda o reversible.
- Frecuencia de arranque en intervalos menores de dos horas.
- Temperatura ambiente si sobrepasa los 40 °C.
- Indicar si el motor estará instalado en áreas peligrosas: Gas, Humedad, etc.

#### **4-. El motor funciona en forma irregular**

- Avería en los rodamientos.
- La caja del motor está sometida a tensiones mecánicas.
- Acoplamiento mal equilibrado.

#### **5-. No arranca**

- Tensión muy baja.
- Contacto del arrollamiento con la masa.
- Rodamiento totalmente dañado.
- Defecto en los dispositivos de arranques.

#### **6-. Arranca a golpes**

- Espiras en contacto.

#### **7-. Motor trifásico arranca con dificultad y disminución de velocidad al ser cargado**

- Tensión demasiado baja.
- Caída de tensión en la línea de alimentación.
- Estator mal conectado, cuando el arranque es estrella triángulo.
- Contacto entre espiras del estator.

#### **8-. Trifásico produce zumbido internamente y fluctuaciones de corriente en el estator**

- Interrupción en el inducido.

#### **9-. Trifásico no arranca o lo hace con dificultad en la conexión estrella**

- Demasiada carga.
- Tensión de la red.
- Dañado el dispositivo de arranque estrella.

#### **10-. Trifásico se calienta rápidamente**

- Cortocircuito entre fases.
- Contacto entre muchas espiras.
- Contacto entre arrollamiento y masa.

#### **11-. Estator se calienta y aumenta la corriente**

- Estator mal conectado.
- Cortocircuito entre fases.
- Contacto entre arrollamientos y masa.

## **12-. Se calienta excesivamente pero en proceso lento**

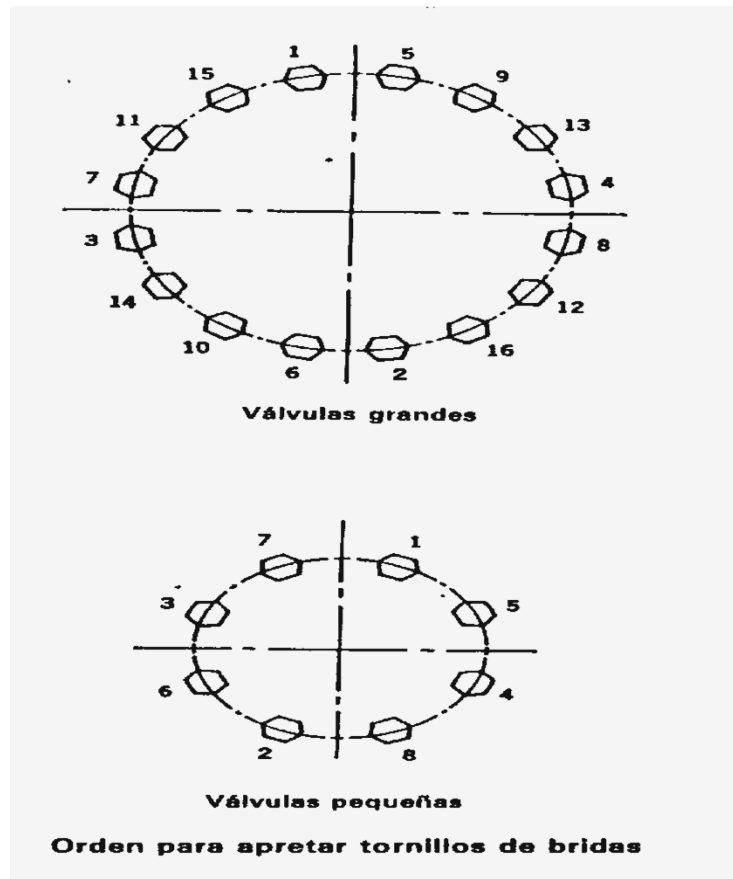
- Exceso de carga.
- Frecuencia de conexión y desconexión muy rápida.
- Tensión demasiado elevada.
- Tensión demasiado baja.
- Falla una fase.
- Interrupción en el devanado.
- Conexión equivocada.
- Contacto entre espiras.
- Cortocircuito entre fases.
- Poca ventilación.
- Inducido roza el estator.
- Cuerpos extraños en el entrehierro.
- La marcha no corresponde al régimen señalado por la placa.

## **El apriete de los tornillos en la tapas de los motores.**

En las tapas de los motores y demás tapas es importante hacer el apriete con la torsión adecuada. Pues el apretar demasiado puede ocasionar que se degollén los tornillos, se fracture la tapa si el material de las tapas es blando; por ejemplo de aluminio. Es bien importante tener esta precaución al apretar los tornillos que se deben apretar a la torsión adecuada para el material. Hay publicaciones en donde se indica la torsión para el apriete de partes. Por ejemplo en el armado de un motor de automóvil el mecánico debe tener a la mano un torquímetro y el manual que incluya el apriete de las cabezas o tapas del motor, bridas y accesorios. Esto es muy importante con tornillos de baja resistencia para que no queden trasrocados o degollados a apretar en exceso o al formar la unión al armarlo y no apretar lo suficiente, también se debe tener cuidado pues pueden ocurrir fugas cuando los tornillos pierdan sus características físicas y se fugue por ejemplo el aceite, ya que algunos motores son llenados con el suficiente porque para su funcionamiento así lo requieren.

Los tornillos se deben apretar en el orden que se muestra. Las llaves de torsión son las más adecuadas, aunque se pueden utilizar atornilladores neumáticos calibrados. Hay que lubricar en ocasiones los tornillos y tuercas para tener una buena torsión.

**Orden para Apretar Tornillos de tapas, bridas y otras piezas que requieran cierto torque.**



Los motores eléctricos como cualquier máquina están propensos a fallas incluso si su funcionamiento es normal. Generalmente la falla se manifiesta por una temperatura muy alta debida a que el motor toma corriente excesiva de la línea. Si no se desconecta de inmediato los devanados pueden llegar a quemarse los devanados parcial o totalmente, quedando inutilizado. Como medida preventiva todo motor debe instalarse con los aparatos adecuados (interruptores, arrancadores, etc.) que lo protejan contra sobrecargas, corto-circuitos y falta de tensión en la línea. Los motores eléctricos desde el momento que comienzan a operar quedan sujetos a inspecciones periódicas rutinarias que verifiquen su instalación mecánica y eléctrica así como su funcionamiento, para eliminar de inmediato toda causa que pueda originar una falla. Cuando este mantenimiento no es el adecuado o no se lleva a cabo en forma sistemática, tarde o temprano se presentan fallas en los motores.

Las causas principales de fallas de los motores son por desperfectos de instalación mecánica o eléctrica, o bien por fallas de operación y un mal mantenimiento preventivo o correctivo realizado.



A continuación se indican las fallas más notables por una instalación mecánica inapropiada a consecuencia de un mal apriete de tornillos en las máquinas eléctricas.

- 1- Una fijación defectuosa que causa vibraciones, haciendo que lleguen a fallar los cojinetes y frenen al motor.
- 2- Alineamiento defectuoso de poleas, ruedas dentadas o coples que dañan los cojinetes, frenando al motor.
- 3- Tensión excesiva de bandas o cadenas, que se traduce en sobrecarga.

Los motores deben ser lubricados después de 1500 horas de operación o menos dependiendo del período sugerido por el fabricante en el también recomendaciones para su mantenimiento preventivo. Una vez que se ha revisado la lubricación de la máquina. El motor tiene que ser detenido cuando empiece a eliminar la grasa. Y en caso de haber perdido una o más graseras se coloca una nueva en el orificio de alimentación de grasa y tapones de los drenes. Destape el dren de cualquier grasa agregue grasa nueva a través del orificio de alimentación hasta que empiece a salir por el orificio del dren. Arranque el motor y permita que opere por 15 min, para eliminar el exceso de grasa. Pare el motor e instale los tapones de los orificios de llenado y dren.



Después de cinco años de operación, el embobinado del motor puede tender a deteriorarse debido a la humedad y al calor. Es importante tener en cuenta el

envejecimiento de los motores y de ser posible mándelo revisar y reparar al taller de servicio de mantenimiento de la empresa o a un taller externo.



### **Recomendaciones finales de Seguridad**

El alto voltaje y las partes rotatorias de una máquina pueden causar daños serios o fatales, si no se manejan adecuadamente. Una instalación segura, así como la operación y el mantenimiento deben ser realizados por personal capacitado.

En el manejo y operación de las máquinas, aparatos e instalaciones eléctricas se deben tener las medidas mínimas de seguridad a fin de evitar accidentes, tanto en los propios equipos como al personal que los opera.

### **Una situación particular.**

En mi experiencia como electromecánico industrial. No había tenido ningún accidente que lamentar por descuido propio al intervenir una máquina.

En cierta ocasión durante mis labores de mantenimiento en la planta de DANA EJES TRACTIVOS. Sucedió.

Esta empresa cuenta con una cuadrilla numerosa de mantenimiento (mantenimiento preventivo, mantenimiento de servicios y mantenimiento de emergencia) yo pertenecía a esta última cuadrilla, la cual se encargaba de la reparación de las máquinas una vez que fallaban.

Durante los periodos de vacaciones se realizan las tareas de mantenimiento que no son posibles de realizar cuando se está sacando producción. Solo en estos periodos largos de paro de producción se puede realizar este mantenimiento que consiste en dar toda clase de mantenimiento a las máquinas e incluso desmontar partes gastadas de la máquina para ser mandadas a su recuperación y puedan ser utilizadas nuevamente.

Se me asignó la tarea de desmontar una tolva en una máquina encargada del desbaste de piezas, se me asignó un ayudante joven del área de pailería. Antes de iniciar la tarea le indique que por medida de seguridad nadie podía acercarse a

la máquina, ya que esta estaba siendo intervenida por personal de mantenimiento y que si necesitaba de alguna herramienta lo llamaría.

Convenido lo anterior inicie labores en la máquina. Comenzando por algunas otras partes que también serían enviadas a su restauración.

Ya casi terminaba de desmontar la penúltima pieza y escuche un par de personas conversando chuscamente, llame la atención a mi ayudante pidiéndole una herramienta y decirle que estuviera atento a lo se estaba haciendo, siguieron conversando. Por lo que como medida de precaución coloque un letrero hecho mano que decía no funciona: sin embargo no sirvió, me encontraba desmontando la tolva por la parte frontal de la máquina siendo así hubiese podido ver si alguien se acercaba; pero había algunos tornillos que solo podría por la parte trasera le indique nuevamente al ayudante que estuviera atento nadie puede acercarse a la máquina y me recosté para poder aflojar mejor los tornillos, volvió nuevamente la otra persona y nuevamente conversaron en ese momento entraba el siguiente turno de mantenimiento y el compañero que seguiría desarmando la máquina llego

Y al no verme hizo funcionar la máquina. En ese momento inicio su ciclo de funcionamiento haciendo deslizar una placa de metal solido contra mi cuerpo, oprimiéndolo contra la pared de la máquina que es de lámina no muy gruesa. Alcancé a gritar “eh no” y después de algunos ciclos la maquina se detuvo.”

Los motores y transformadores eléctricos instalados, deberán estar sujetos a medidas de protección para evitar accidentes que pongan en peligro la vida de los operadores.

Además deben colocarse en diferentes puntos de la máquina letreros indicando peligro, precaución máquina en mantenimiento. Estas medidas se implementaron en la empresa después de mi accidente.

Los conductores desnudos o aquellos cuyo aislamiento sea insuficiente y los de alta tensión en todos los casos, se deberán encontrar fuera del alcance de la mano del operador y cuando esto no sea posible, deberán ser eficazmente protegidos, con objeto de evitar cualquier contacto.

Las celdas o compartimientos de los transformadores, interruptores, arrancadores, aparatos de medición y protección, etc., de las estaciones de bombeo, deberán estar convenientemente dispuestos y protegidos, con objeto de evitar todo contacto peligroso y el acceso a los mismos, deberá ser tal que permita la circulación holgada de los operarios para realizar, sin riesgo alguno, sus labores cotidianas.

En todas las máquinas, aparatos, líneas, etc., que por trabajar a alta tensión ofrezcan grave peligro para la vida, se hará constar así mediante carteles con la indicación “**NO TOCAR. PELIGRO DE MUERTE**”.

Las lámparas portátiles (extensiones), deberán ofrecer garantías de seguridad para el personal que haya de manejarlas; estarán provistas de mango aislante, dispositivo protector de la lámpara, cable resistente y se procurará no conectarla a tensión superior de 127 volts.

Se dispondrá de un botiquín con el material preciso para curaciones de emergencia para las que por su poca gravedad, no requieran de intervención médica.

Es importante observar prácticas de seguridad para proteger al personal de algún daño posible ninguna precaución tomada al momento de intervenir u operar una maquina esta por demás. Se deben dar instrucciones al personal para:

1. Evitar contacto con circuitos energizados o partes rotatorias.
2. Antes de manejar conexiones eléctricas, siempre desconecte la alimentación eléctrica en el arrancador del motor, caja de fusibles o circuito interruptor. Verifique doblemente, para estar seguro de que la energía ha sido desconectada y que no puede conectarse mientras usted esté trabajando con el equipo.
3. Actúe con precaución.
4. Esté seguro que la unidad esté conectada a tierra.
5. Esté seguro que el equipo o la instalación se encuentre apropiadamente protegidos para prevenir el acceso de personas no autorizadas.
6. Verifique que los dispositivos de protección, en partes rotatorias, estén instalados antes de operar el equipo.
7. Evite una exposición prolongada en equipos con altos niveles de ruido.
8. Esté familiarizado con el equipo leyendo todas las instrucciones totalmente, antes de operarlo.

Es muy importante que el personal que opera y mantiene equipo eléctrico, observe permanentemente buenos hábitos de seguridad, para evitar daños a sí mismo o a los equipos. Para esto, se dan a continuación las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Quite toda la energía y aterrice todos los puntos de alta tensión antes de tocarlos.
- Esté seguro que la energía no puede ser restablecida accidentalmente.
- No trabaje sobre equipos no aterrizados.
- Mientras se trabaje alrededor de equipo eléctrico, muévase con precaución. **NUNCA CORRA.**
- Esté seguro de un apoyo correcto de los pies, para un buen balance.
- No se precipite al caérsele alguna herramienta.
- No examine equipo “vivo”o funcionando y que este fallando cuando esté física y mentalmente fatigado o totalmente desvelado, pues por experiencia propia no se coordinan bien las ideas.

- Coloque una mano en su bolsillo cuando examine equipo eléctrico energizado.
- No toque equipo eléctrico parado en pisos metálicos, concreto húmedo u otras superficies bien aterrizadas.
- No maneje equipo eléctrico con ropas húmedas (**particularmente zapatos mojados**) o mientras su piel este húmeda.
- Nunca trabaje bajo la lluvia.
- Recuerde que mientras más conozca de equipo eléctrico, está más expuesto a desatender estos detalles.
- No tome riesgos innecesarios.
- Proteja la vida y la salud que es lo más valioso que tenemos y no se puede reemplazar como una simple refacción, ya que estas dos son irremplazables y solo hay una para cada uno de nosotros.

### **Equipo Básico de Protección**

Para ejecutar trabajos de mantenimiento o en actividades de operación, se debe contar con el equipo adecuado de protección, como es:

- **Casco Protector.-** El casco protector es un equipo de seguridad, construido de material de plástico de alta resistencia al impacto y su uso puede evitar accidentes.
- **Guantes Dieléctricos y de Piel.-** Los guantes dieléctricos se construyen con materiales dieléctricos de alta calidad y deben emplearse junto con los de piel, para obtener una mayor protección para el operario y duración de los mismos.
- **Botas Dieléctricas.-** Las botas son equipo de seguridad, construidas con suela antiderrapante resistente a grasas, aceites, solventes y altas temperaturas.
- **Tarima aislante.-** La tarima aislante es un accesorio que proporciona una seguridad adicional en el momento de operar el equipo.

(Las tarimas son de madera, fibra de vidrio o algún otro material aislante adecuado, su armado debe ser sin partes metálicas, con superficie antiderrapante y con orillas biseladas).

- **Extintidor.-** Deben colocarse extinguidores contra incendio, tantos como sea necesario, adecuados para aplicarse a partes vivas en lugares convenientes y claramente marcados, de preferencia cercanos a los accesos de los equipos.

(Los extinguidores deben revisarse periódicamente para que siempre estén en condiciones correctas de operar y no deben estar sujetos a cambio de temperaturas mayores que las indicadas por el fabricante para su correcta operación).

- **Letreros de Peligro Alta Tensión.**- El letrero debe de estar a la vista de cualquier persona que pretenda tener contacto con el equipo.
- **Herramientas Aisladas.**-Todas las herramientas de mano, como pinzas, desarmadores, etc., deberán estar convenientemente aisladas, debiéndose revisar constantemente el grado de deterioro del mismo, a fin de corregir cualquier anomalía que se presente por su uso diario, evitando con esto accidentes al personal.





## Conclusiones.

Los motores eléctricos son de suma importancia en la actualidad, debido a las diferentes aplicaciones industriales a los que son sometidos, es por ellos, que se deben tomar en cuenta todas las fallas que se presentan para el correcto funcionamiento de los mismos.

Un motor cuando comienza a sobre trabajar, es decir, que trabaja por encima de sus valores nominales, va disminuyendo su periodo de vida; esto nos lleva a concluir que si no se realiza un buen plan de mantenimiento el motor no durará mucho años. Un plan de mantenimiento debe realizarse tomando en cuenta las fallas que están ocurriendo continuamente en los motores y de esta forma al implantar un programa de mantenimiento preventivo evitar que ocurran a los demás motores.

La implementación de protecciones a las máquinas se realiza con el fin de evitar un daño severo al sistema en su totalidad al ocurrir una falla en una sección. Al contar con cierto número de protecciones las fallas quedan aisladas, evitando que se expandan a las demás secciones del sistema. De esta manera teniendo cierta práctica en las tareas de mantenimiento nos resultara más fácil localizar la falla.

Las listas de fallas tanto de arrancadores, como de motores nos serán de utilidad, al saber apreciar los síntomas de la falla, por ejemplo. Un ruido metálico extraño en el interior de un motor nos indicara que posiblemente el causante pudiera ser un balero o un buje gastado, un golpeteo en una tolva. Quizá sea una banda gastada o floja.

A manera de conclusión es que tenemos una herramienta tanto para reemplazar un motor, un arrancador en caso de fallo y la herramienta para remplazar un motor eléctrico por uno de otro tipo considerando sus características de operación y economía.

El resultado esperado de este trabajo, se cumplirá una vez que se le encuentre la utilidad, ya que el presentar las aplicaciones de los motores eléctricos y las fallas que en ellos existen, así como, también mostrar el papel que representan los arrancadores, ya que de esto depende en gran parte el buen funcionamiento de los motores eléctricos y en consecuencia la máquina eléctrica en su totalidad; como cualquier otro trabajo, si se consulta y no se tiene donde aplicar su contenido quedara como información teórica solamente. Al realizar el mantenimiento debemos tener en cuenta que están relacionados en su funcionamiento tanto el motor como el arrancador y que si no se conoce cómo funcionan los dos, puede haber confusión, pensando que es el motor directamente el que está fallando o pensar que la falla se debe al funcionamiento erróneo del sistema de control o de las protecciones del motor; y si no se conocen las fallas que se presentan en los motores eléctricos y no se conoce el funcionamiento de las protecciones y controladores de los motores, no se puede aplicar ningún plan de mantenimiento que permita con seguridad realizar las tareas de mantenimiento al equipo dañado.

Los controladores lógicos programables son una herramienta poderosa para los procesos secuenciales, pero también presentan sus desventajas, ya que a realizar una amplia secuencia de instrucciones una vez que se presenta una falla hay que tener la pericia para localizarla ya que en ocasiones no es fácil y resulta laborioso.

Solo con el tiempo y la practica en las tareas de mantenimiento nos familiarizaremos con las fallas que se nos presenten y por este motivo no quise incursionar mucho en los controladores, ya que no he llegado a conocerlos. A lo más que he llegado es a reparar las tarjetas electrónicas de los PLC, y su programación la conozco muy poco y no ha sido gran obstáculo en mi desempeño como electromecánico.

Todos tenemos algún tipo de motor en nuestras casas y también hemos tenido la desgracia de que se presente alguna falla en ellos y optamos por la salida más fácil que es mandar a traer al técnico o mandarlo a reparar, sin siquiera tomarnos la molestia de revisar físicamente nuestro aparato eléctrico o preguntarnos cuál podría ser la causa de la falla, ya que en ocasiones resulta ser tan solo el cordón de la línea abierto o la protección fusible que se le ha adicionado. Los fabricantes han incorporado una serie de protecciones a sus productos con el supuesto de proporcionarnos aparatos de gran calidad. Esto resulta contraproducente ya que como consumidores no nos tomamos revisar lo que nos están vendiendo y la molestia de leer al pie de la letra el instructivo de uso o el manual de operación. En este manual el fabricante algunas veces adiciona un diagrama donde nos muestra las protecciones. En el capítulo de mantenimiento a motores se presenta una ilustración que de implementarla podría ser de mucha utilidad, ya que esta nos podría indicar si existe un corto eléctrico o una abertura del circuito y con solo conectarlo y operar un interruptor podremos saberlo.

La mayoría de los fabricantes adicionan una protección consistente en un fusible o una resistencia de poco valor y potencia para su rápida ruptura a la mínima presencia de fallo; esta protección, la insertan principalmente en aparatos con motor y transformador y son algunas veces fáciles de localizar y reemplazar. Las podemos encontrar también en una gran variedad de aparatos electrodomésticos. En algunos motores de mediana potencia también se suelen encontrar fusibles de este tipo.

## **Bibliografía:**

Máquinas eléctricas y transformadores Irving L. Coso 2ed

Electricidad 7 Harry Malea

Revista Saber Electrónica de 1998.

Manual Eléctrico Vieron. Capitulo 3.

Electricidad y magnetismo Renil.

Manual Granjera. Sección de motores eléctricos.

Catalogo de motores Siemens.1997, 2012.

Catalogo de arrancadores ABB. 2012

Catalogo de arrancadores Suaré D 2012

Manual Eléctrico Coiné.

Manual de Usuario 2006.

Arrancadores de Estado Sólido Revistarte Control  
(Modelos MVRMX & MVRXE) 1500 a 7200VCA