



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

***AUTOMATIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS
ELECTRONEUMÁTICAS DE UNA DE LAS LÍNEAS DE
SALIDA DEL ACELERADOR DE PARTÍCULAS
PELETRÓN***

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO
P R E S E N T A N**

***HEIDI CAROLINA ARIAS GARCÍA
MARTÍN MARTÍNEZ PEDRAZA***

**DIRECTORA DE TESIS:
M.I. ABIGAÍL MARÍA ELENA RAMÍREZ MENDOZA**

MEXICO, D.F.

2003



AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo de tesis agradecemos a:

- U.N.A.M.
- Facultad de Ingeniería
- Nuestros Sinodales
 - M.I. Rolando Alberto Carrera Méndez
 - Dr. Gerardo René Espinosa Pérez
 - M.I. Abigaíl María Elena Ramírez Mendoza
 - Ing. Rafael Iriarte Vivar Valderrama
 - M.I. Edgar Baldemar Aguado
- Nuestra Directora de Tesis
 - M.I. Abigaíl María Elena Ramírez Mendoza
- Instituto de Física de la U.N.A.M.

También agradecemos al personal de los diferentes departamentos del Instituto de Física que colaboraron para la realización de este trabajo de tesis:

- Departamento de Física Experimental
 - Dra. Alicia María Oliver y Gutiérrez
 - Dr. Javier Miranda Martín del Campo
 - Dr. Luis Rodríguez Fernández
- Laboratorio del Acelerador de Partículas Peletrón
 - Sr. Karim Uriel López Guzmán
- Laboratorio de Electrónica
 - Sra. Martha Gabriela González Alvarez
- Taller Mecánico
 - Ing. Marco Antonio Veytia Vidaña
 - Sr. Carmelo Galindo González
- Laboratorio de Fotografía
 - Sr. Alfredo Sánchez Ariza
 - Sr. Alfonso Orta Cruz

De igual manera agradecemos al “Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo S.C.” dentro del proyecto “Impacto en la Salud del Ecosistema por Actividades Antropogénicas en la Cuenca Manganífera del Municipio de Molango Hidalgo”, quienes a través del “Programa Universitario del Medio Ambiente” otorgaron las facilidades para la realización de este trabajo.

Este trabajo de tesis no es sólo el esfuerzo de 2 personas. Aunque es imposible mencionar a todos aquellos de quienes hemos recibido siempre su apoyo incondicional durante estos años, queremos agradecer especialmente a:

- Dios
- Nuestros Padres
- Nuestros Hermanos
- Familiares
- Amigos
- Nuestro compañero de tesis
- A todos aquellos con los que cruzamos caminos en algún punto y nos llevaron a ser lo que hoy somos

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I. Antecedentes Teóricos	5
1.1 El Acelerador de Partículas	6
1.1.1 Acelerador Lineal	7
1.1.2 Acelerador de Partículas Peletrón	7
1.2 Vacío y Bombas de Vacío	10
1.3 Sistema de Vacío en el Peletrón	12
1.4 Sensores y Transductores	14
1.5 Válvulas Electroneumáticas	16
1.6 Fuente de voltaje y Reguladores de voltaje	17
1.7 Relevadores	18
Capítulo II. Análisis del Método de Solución	19
2.1 Análisis del problema: Automatización de la línea del Acelerador de Partículas Peletrón	20
2.2 Método de Solución	22
Capítulo III. Diseño del Módulo de Automatización	27
3.1 Introducción al Diseño del Módulo de Automatización	28
3.2 Diagramas y Descripción del Sistema de Automatización	28
3.2.1 Diagrama de Bloques	28
3.2.2 Diagrama de Flujo de la Secuencia de Automatización	32
3.3 Diseño de los Circuitos Eléctricos del Módulo de Automatización	37
3.3.1 Diseño del circuito para habilitar las válvulas	37
3.3.2 Diseño del circuito de automatización para la válvula RV1	38
3.3.3 Diseño del circuito de automatización para la válvula RV2	41
3.3.4 Diseño del circuito de automatización para la válvula BLV	42
3.3.5 Diseño del circuito de automatización para la válvula PV	44
3.3.6 Diseño del circuito de automatización para la válvula VV	45
3.3.7 Diseño del circuito de la fuente de voltaje regulada	50
Capítulo IV. Pruebas de Funcionamiento del Módulo de Automatización	54
4.1 Pruebas del Módulo en el Laboratorio de Electrónica	55
4.2 Pruebas del Módulo en el Acelerador de Partículas Peletrón	57
4.3 Fotografías del Módulo de Automatización	62
Capítulo V. Conclusiones	68
Bibliografía	72
Apéndices	74
Apéndice 1 Manual de Operación del Módulo de Automatización	75
Apéndice 2 Diseño de las Tarjetas y el Chasis del Módulo de Automatización	103

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de tesis surge con base en la necesidad del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (IF-UNAM) de automatizar la cuarta línea de salida del Acelerador de Partículas Peletrón, la cual actualmente se maneja de forma manual y debido a que los aceleradores de partículas son un instrumento muy importante para el desarrollo académico y de investigación que se realiza en el IF-UNAM, es necesaria la implantación del Módulo de Automatización para una de las líneas de salida del Acelerador de Partículas Peletrón.

Debido a la importancia que representa para los investigadores la utilización del Acelerador de Partículas Peletrón, es necesario tener un sistema que trabaje de forma fácil y segura, ya que deben evitarse errores en el sistema que provee vacío a la cámara de experimentación, y al operar la cuarta línea de salida del acelerador en forma manual es mayor la probabilidad de cometer algún error, por lo que al automatizar la apertura y cierre de las válvulas de ésta línea se disminuye en gran medida la probabilidad de errores y se aseguran los estados de las válvulas, además de quitar al operador la tarea de realizar operaciones repetitivas.

El Instituto de Física, dentro de su departamento de Física Experimental cuenta con varios aceleradores de partículas, entre los que se encuentran:

- Acelerador de Partículas Peletrón
- Acelerador Van de Graaff 5.5 MV
- Acelerador Van de Graaff 2 MV
- Acelerador Van de Graaff 0.7 MV

Dentro de los aceleradores con los que cuenta el Instituto de Física se encuentra el Acelerador de Partículas Peletrón, y es sobre el cual se habla en este trabajo de tesis y donde se encuentran localizadas las válvulas de la línea de salida que se automatizó.

Aunque existen diversos métodos para realizar ésta automatización, por ejemplo mediante la utilización de algún software o mediante electrónica de potencia, la solución planteada dentro de este trabajo de tesis es a través de relevadores electromagnéticos, ya que con esto se obtiene un Módulo de Automatización que se opera de manera sencilla y segura, y que además previene accidentes de vacío causados por errores de operación o por fallas en el suministro de energía eléctrica.

El Acelerador de Partículas Peletrón cuenta con tres líneas de salida automatizadas. Las válvulas de cada una de estas líneas se manejan por un sistema automatizado para su apertura y cierre que funciona mediante el registro de las lecturas de las señales provenientes de diversos sensores.

Adicionalmente se cuenta con una cuarta línea de salida donde las válvulas se manejan de forma manual y por las necesidades de los investigadores en cuanto a rendimientos de operación, se requiere automatizar la línea de salida para que optimice las funciones del acelerador.

El problema al que se debe dar solución con la automatización de la apertura y cierre de las válvulas, es el de realizar toda la secuencia paso a paso y cumpliendo con los requerimientos para obtener el vacío adecuado dentro de la cámara de experimentación en la forma y en el tiempo que se requiere y sin la necesidad de tener un operador abriendo o cerrando las válvulas cada que sea requerido de acuerdo a la etapa del proceso de vacío en la que se encuentre trabajando el sistema. Con el Módulo de Automatización se logra obtener una secuencia correcta y segura de vacío dentro de la cámara de experimentación evitando posibles errores.

El objetivo que se persigue al elaborar este trabajo de tesis es el de diseñar y construir un Módulo de Automatización para la apertura y cierre de las válvulas electroneumáticas que intervienen en el sistema de vacío de la cámara de experimentación de una de las líneas de salida en el Acelerador de Partículas Peletrón del Instituto de Física de la UNAM, además de dar seguridad a éste proceso.

Con base en los datos recabados y de acuerdo a los requerimientos del sistema es de donde se parte en este trabajo de tesis, el cual se divide de la siguiente manera:

En el *Capítulo I. Antecedentes Teóricos* se presentan los conceptos y elementos básicos utilizados para la realización de este trabajo.

En el *Capítulo II. Análisis del Método de Solución* se plantean de manera muy general algunos de los métodos posibles para llegar a la solución del problema planteado y cumplir con las expectativas del objetivo. Así mismo, se realiza un análisis del método de solución y se explica de manera más amplia las razones por las cuales fue elegido dicho método.

En el *Capítulo III. Diseño del Módulo de Automatización* se da una introducción al diseño y se muestran y describen los pasos que se siguieron para la realización y construcción del Módulo de Automatización, a partir de diagramas de bloques, diagramas de flujo de la secuencia de automatización y los diagramas eléctricos.

En el *Capítulo IV Pruebas de Funcionamiento del Módulo de Automatización* se muestran los resultados de las pruebas realizadas al Módulo de Automatización primeramente en el Laboratorio de Electrónica del IF-UNAM, y después en el Acelerador de Partículas Peletrón, y las fotografías del Módulo de Automatización construido.

Finalmente en el *Capítulo V Conclusiones* se harán notar los puntos más importantes obtenidos en la realización de este trabajo de tesis, de acuerdo con el objetivo por el que fue propuesto este proyecto.

Se incluye en este trabajo la bibliografía de los textos, manuales y apoyos que fueron utilizados para la realización del proyecto.

Adicionalmente a estos cinco capítulos se cuenta con dos apéndices: el primero es el Manual de Operación del Módulo de Automatización, en éste se darán las especificaciones técnicas del Módulo de Automatización, así como los modos de operación necesarios para el correcto funcionamiento del mismo; el segundo apéndice muestra el diseño de los circuitos impresos y las tarjetas utilizadas para la construcción del módulo, así como el diseño del chasis del mismo.

Cabe señalar que al entregar al IF-UNAM el Módulo de Automatización, se entregará también el Manual de Operación del Módulo de Automatización para el usuario.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

TEÓRICOS

1.1 EL ACELERADOR DE PARTÍCULAS

En su afán de conocer la naturaleza que lo rodea, el hombre ha producido herramientas para conocer detalladamente su objeto de interés e investigar su interior. Los aceleradores de partículas han sido concebidos para abrir los componentes más íntimos de la materia y estudiarlos.

Los aceleradores de partículas son dispositivos empleados para acelerar partículas elementales y iones hasta altas energías. Son los instrumentos de mayor tamaño y más costosos utilizados en la Física. Todos tienen los mismos componentes básicos: una fuente de partículas elementales o iones, un tubo donde existe un vacío parcial en el que las partículas pueden desplazarse libremente y un sistema para aumentar la velocidad de las partículas.

En Física de partículas se habla en general de campos electromagnéticos y de las fuentes que los producen; las fuentes son las cargas eléctricas que con los campos electromagnéticos nos dan la fuerza que acelera a las partículas elementales; por lo que un acelerador de partículas esencialmente provee los campos electromagnéticos y controla el haz producido. Las partículas cargadas se aceleran mediante un campo electrostático, situando electrodos con una gran diferencia de potencial en los extremos de un tubo en el que se había hecho un vacío. Un acelerador electrostático es el acelerador Van de Graaff, desarrollado a principios de la década de 1930 por el físico estadounidense Robert Van de Graaff. Este acelerador emplea el mismo principio que el generador de Van de Graaff, y establece un potencial entre dos electrodos transportando cargas mediante una cinta móvil.

Existen diversos tipos de Aceleradores de Partículas, algunos de los cuales son:

1. Acelerador Lineal
2. Ciclotrón
3. Sincrociclotrón
4. Betatrón
5. Sincrotrón
6. Colisionador de partículas con anillo de almacenamiento

1.1.1 Acelerador Lineal.

El Acelerador de Partículas Peletrón se encuentra clasificado dentro de los aceleradores lineales. El acelerador lineal, también llamado "linac", fue concebido a finales de la década de 1920. Utiliza voltajes de alterna elevados para impulsar partículas a lo largo de una línea recta. Las partículas atraviesan una serie de tubos metálicos huecos situados dentro de un cilindro en el que se ha hecho el vacío. El voltaje alterno se sincroniza, de forma que la partícula sea impulsada hacia adelante cada vez que pasa por un hueco entre dos tubos metálicos. En teoría, pueden construirse aceleradores lineales de cualquier energía.

1.1.2 Acelerador de Partículas Peletrón.

Es un acelerador electrostático que posee la ventaja de producir un haz de mayor energía con un mismo potencial, esto es que el acelerador tiene dos secciones sucesivas que se aceleran con el mismo potencial.

El Peletrón utiliza un sistema donde se utilizan dos cadenas para cargar la terminal de alto voltaje; estas cadenas están formadas por pequeños cilindros metálicos, con orillas cuidadosamente redondeadas, y unidos por juntas plásticas y metálicas alternadas; estas juntas giran en sistemas auto - lubricantes que no requieren ser aceitados. Con cadenas de este tipo se permiten hasta 14000 hrs de operación y en algunos aceleradores más recientes la vida útil ha sido mayor a 40000 hrs.

En la fig. 1.1 se puede observar que este acelerador cuenta con dos fuentes de iones negativos, externas al tanque del acelerador; la primera es llamada Alphasource, la cual es la encargada de producir haces de iones ligeros como H y He; la segunda fuente se llama SNICS (Source of Negative Ions by Cesium Sputtering) la cual es la encargada de producir haces de iones de elementos con masas intermedias y pesadas como C, Si, Cu, Ag, Au, etc., así como también tiene la capacidad de producir haces de moléculas.

Los iones que producen estas fuentes son de carga negativa. El potencial de la terminal atrae a estos iones negativos, proporcionándoles una energía eV , donde e es la carga del electrón y V es el potencial en la terminal.

El haz de iones producido por cualquiera de las dos fuentes es seleccionado por un electroimán e inyectado al tubo acelerador donde se le cambia la carga, debido a que en el centro del tanque (fig. 1.2) existe un convertidor de iones negativos en positivos (puede ser un gas a baja presión como N o una laminilla de carbono) y se acelera hasta una energía correspondiente al potencial en la terminal de alto voltaje, la salida del tubo acelerador se encuentra aterrizada, por lo que el mismo voltaje es utilizado dos veces para darle a las partículas mayor energía durante el proceso.

El haz de iones acelerado se desvía a cualquiera de las líneas de trabajo con las que se cuenta. Una es la línea de implantación la cual se utiliza exclusivamente para la implantación de iones en materiales. Otra línea es la línea de análisis, al final de la cual se encuentra la cámara de análisis, que se utiliza para caracterizar materiales empleando distintas técnicas nucleares. Inmediatamente después de la salida del electroimán analizador del acelerador, se tiene una válvula electroneumática de cortina; después se encuentra un fuelle que permite una fácil alineación respecto al acelerador, a continuación cuenta con un tramo de tubo de acero inoxidable en T, donde la derivación se emplea para bombeo de apoyo, pruebas de fuga o venteo de la línea; adelante se tiene otro tramo de tubo y después de éste vienen los dispositivos de control del haz, aquí se cuenta con otra válvula electroneumática de cortina y otro fuelle justo antes de la cámara, la cual se encuentra aislada del resto de la línea mediante un tramo de nylon, para poder ingresar la corriente en la misma.

El vacío que se puede obtener en la cámara va de 10^{-3} torr hasta 10^{-7} o 10^{-8} torr, mediante una bomba turbo-molecular.

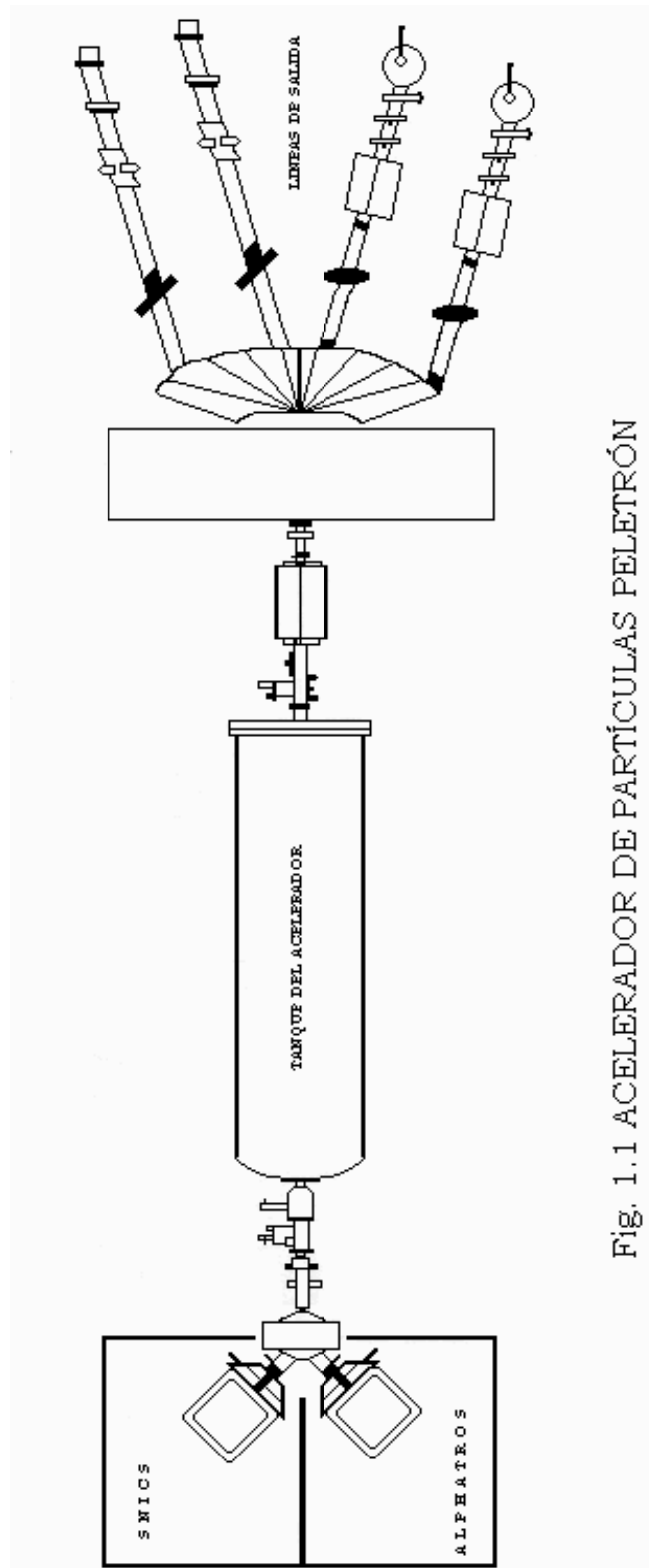


Fig. 1.1 ACELERADOR DE PARTÍCULAS PELETRÓN

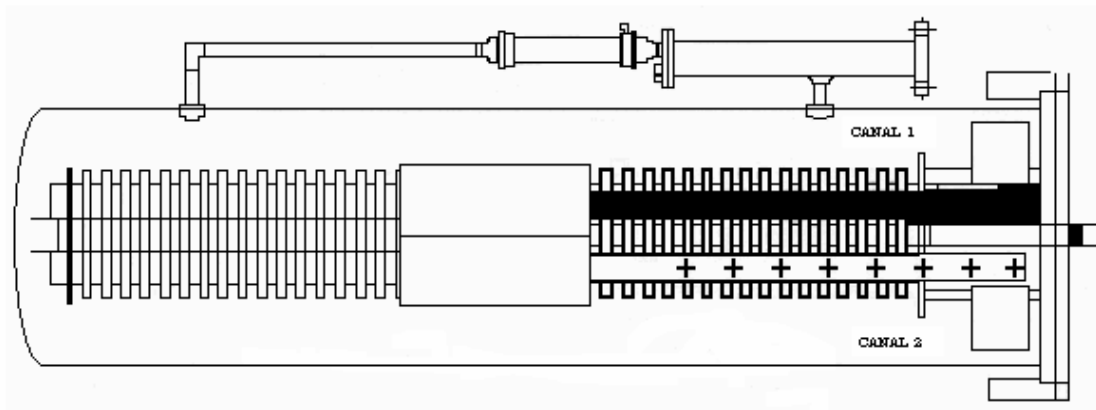


Fig. 1.2 TANQUE DEL ACELERADOR DE PARTÍCULAS

1.2 VACÍO Y BOMBAS DE VACÍO

Vacío, según la definición más estricta, es el espacio absolutamente libre de materia. Es imposible crear un vacío perfecto en un laboratorio: por muy avanzado que sea el sistema de vacío, siempre existen algunas moléculas en la zona de vacío. Incluso en las regiones remotas del espacio exterior hay pequeñas cantidades de gas. También puede considerarse como vacío una región del espacio donde la presión es menor que la presión atmosférica normal de 760 mm de mercurio.

Para crear un vacío se saca el aire de la cámara de experimentación mediante una bomba. A medida que se va extrayendo el aire quedan menos moléculas que empujen contra las paredes de la cámara de vacío, con lo que se reduce la presión en su interior.

En los laboratorios científicos, las cámaras de vacío tienen que ser muy resistentes, porque cuando la presión en el interior de la cámara es muy baja, la presión atmosférica del exterior puede aplastar el aparato.

Los científicos pueden crear vacíos con una presión de tan sólo 10^{-14} mm de mercurio. Incluso a esta presión tan baja, sigue habiendo miles de moléculas por centímetro cúbico. No obstante, hay que considerar que a la presión atmosférica normal hay alrededor de 10^{23} moléculas por centímetro cúbico de aire.

Las bombas de vacío están basadas en el principio de que, cuando se reduce la cantidad de gas —por ejemplo, aire— en un recipiente cerrado, las moléculas y átomos que quedan, o cualquier partícula eléctricamente cargada derivada de las mismas, como iones o electrones, pueden moverse más libremente. Esta libertad de movimiento es proporcional a la reducción de la presión del gas.

Estos instrumentos son muy importantes en la investigación científica y tecnológica. Los aceleradores de partículas dependen de vacíos muy altos para proporcionar a las partículas una trayectoria relativamente libre de gases.

Un sistema de vacío suele componerse de tres partes: la cámara de trabajo, las bombas y válvulas de vacío y los equipos y accesorios como el módulo de automatización y/o las tuberías.

Un sistema de vacío sencillo se muestra en la figura 1.3. Para que el equipo funcione, la cámara de trabajo, con su manómetro de vacío, está unida de forma hermética al extremo de la bomba. Cuando se cierran tanto las válvulas de alto vacío como las de prevacío, se abre la válvula de presión preliminar y arrancan las bombas mecánica y de difusión.

Cuando comienza a funcionar la bomba de difusión, se aísla del resto del sistema cerrando la válvula de presión preliminar. A continuación se vacía la cámara de trabajo, sólo mediante la bomba mecánica. Para ello se cierra la válvula de entrada de aire y se abre la válvula de prevacío. La presión en la cámara de trabajo se reduce hasta aproximadamente 0,1 milibares (1 bar corresponde a 100.000 pascales y equivale a unos 750 mm de mercurio, algo menos que la presión atmosférica normal). A continuación, la cámara se comunica con la bomba de difusión cerrando la válvula de prevacío y abriendo posteriormente las válvulas de presión preliminar y alto vacío. En ese momento, la cámara de trabajo está lista para ser sometida al alto vacío.

Esta cámara es un recipiente con uno o más puntos de acceso al interior. Para operaciones sencillas se emplea frecuentemente como cámara de trabajo una campana de vidrio protegida por un armazón metálico o una campana de acero.

La cámara está dotada de conexiones para accesorios como visores, dispositivos para realizar movimientos mecánicos en el vacío o terminales eléctricos.

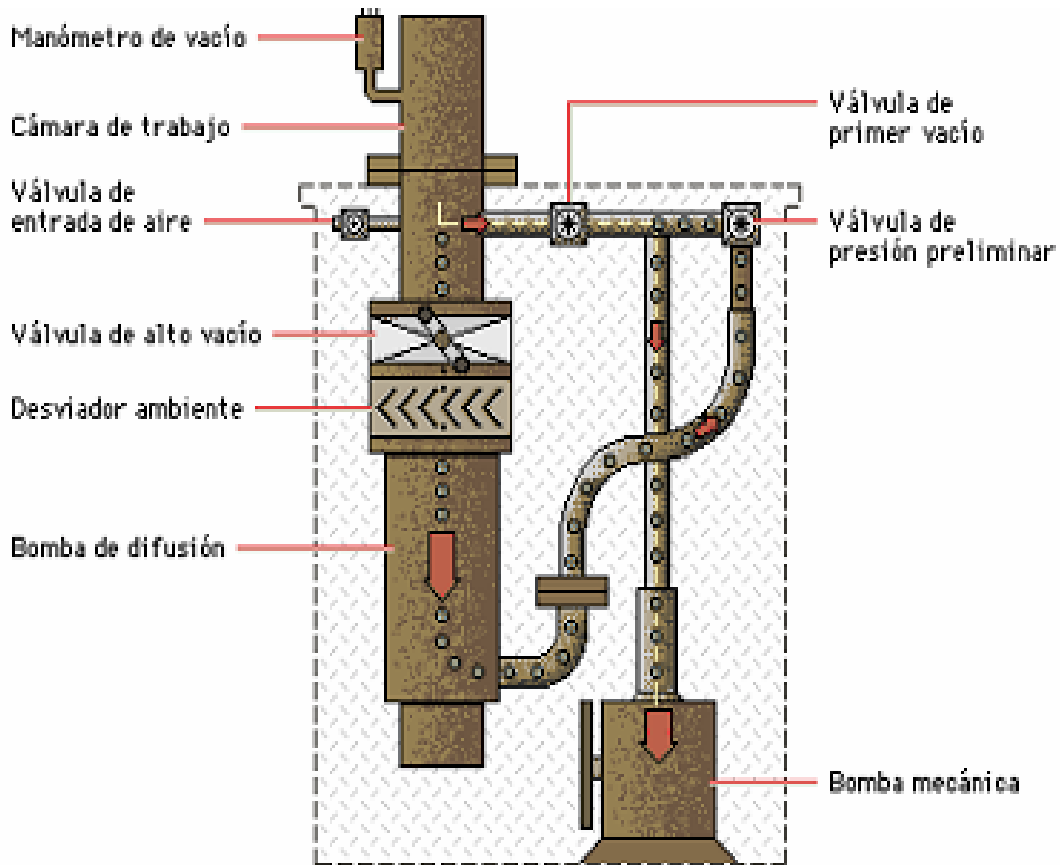


Fig. 1.3 BOMBA DE VACÍO

1.3 SISTEMA DE VACÍO EN EL PELETRÓN

El sistema de vacío que se tiene en las líneas de salida del haz en el acelerador de partículas Peletrón se compone de una bomba primaria comúnmente llamada bomba mecánica, la cual está conectada en serie con una bomba turbo-molecular que permite alcanzar un nivel de vacío del orden de 10^{-7} o 10^{-8} torr, un conjunto de cinco válvulas electroneumáticas con apertura y cierre automatizados para el correcto funcionamiento de las líneas de salida del acelerador, así como con cinco sensores.

La bomba primaria o mecánica es la encargada de extraer el aire contenido en la cámara y llevarlo a la atmósfera, su límite de vacío es 10^{-3} torr. La bomba turbo-molecular, constituida por una turbina girando a grandes revoluciones, concentra las moléculas de aire dispersas en el sistema para que la bomba mecánica siga sacándolas y aumentando el vacío en la cámara. Con la bomba turbo-molecular podemos alcanzar un nivel de vacío del orden de 10^{-7} o 10^{-8} torr. El sistema de vacío debe encontrarse normalmente conectado en serie, la bomba turbo-molecular se conecta con la cámara que se va a evacuar y con la bomba mecánica. El trabajo inicia con la bomba mecánica, donde se obtiene un prevacío en la cámara de 10^{-3} torr y una vez alcanzado este nivel es posible iniciar el alto vacío con la bomba turbo-molecular.

Cuando por razones de trabajo se requiere romper el vacío en la cámara y contar en ésta con una presión atmosférica sin tener que detener la bomba turbo-molecular se necesita disponer de una línea directa desde la bomba primaria, dejando temporalmente sin apoyo a la bomba turbo-molecular; para regresar a trabajar con la cámara se requiere nuevamente realizar un prevacío de 10^{-3} torr, para volver a comunicar la bomba turbo-molecular con la cámara. Esto puede efectuarse teniendo la posibilidad de bloquear la bomba turbo-molecular utilizando las válvulas electroneumáticas y de este modo no detener ésta bomba.

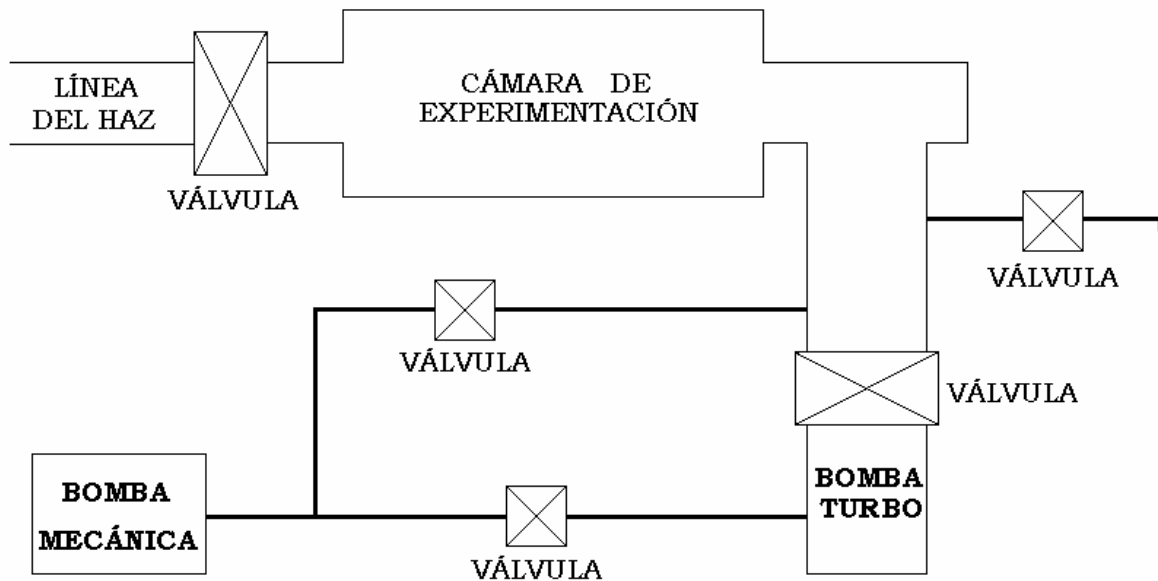


Fig. 1.4 SISTEMA DE VACÍO

1.4 SENSORES Y TRANSDUCTORES

Los transductores y sensores proporcionan a los físicos información muy valiosa, en nuestro caso, sobre las partículas subatómicas. Los aceleradores de partículas nos permiten proporcionar grandes energías a las partículas para hacerlas colisionar. Con los sensores y transductores se miden y registran las propiedades de las partículas generadas en las colisiones.

La medición de magnitudes físicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores. El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como una temperatura, una presión, una posición o una concentración química. El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro y control de las magnitudes medidas. Algunos dispositivos actúan de forma simultánea como sensor y transductor.

Un termopar (fig. 1.5) consta de dos uniones de diferentes metales que generan un pequeño voltaje que depende del diferencial térmico entre las uniones. La Termoelectricidad es la electricidad generada por la aplicación de calor a la unión de dos materiales diferentes. Si se unen por ambos extremos dos alambres de distinto material y una de las uniones se mantiene a una temperatura superior a la otra, surge una diferencia de voltaje que hace fluir una corriente eléctrica entre las uniones caliente y fría. Para una pareja de materiales determinados, la diferencia de voltaje es directamente proporcional a la diferencia de temperaturas. Esta relación puede emplearse para la medida precisa de temperaturas mediante un termopar en el que una de las uniones se mantiene a una temperatura de referencia conocida y la otra se coloca en el lugar cuya temperatura quiere medirse. A temperaturas moderadas (hasta unos 260°C) suelen emplearse combinaciones de hierro y cobre, hierro y constantán (una aleación de cobre y níquel), y cobre y constantán. A temperaturas mayores (hasta unos 1650°C) se utiliza platino y una aleación de platino y radio.

Como los alambres de los termopares pueden tener dimensiones muy pequeñas, también permiten medir con precisión las presiones locales en un punto. Cuando se hace pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso. En este caso, se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. Este fenómeno se conoce como efecto Peltier.

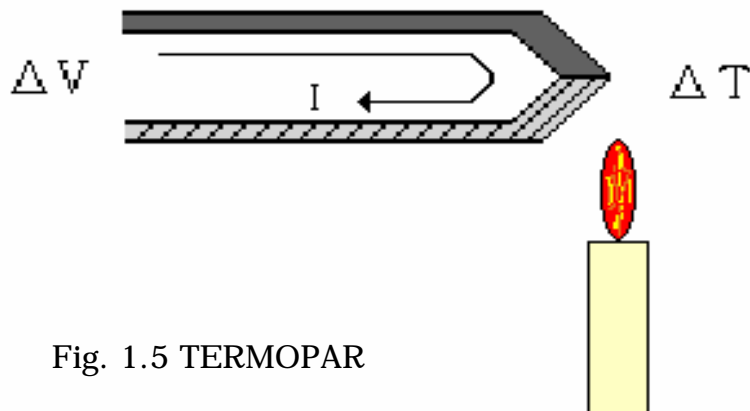


Fig. 1.5 TERMOPAR

Uno de los primeros sensores que se emplearon en Física Nuclear fue la cámara de ionización, que está formada esencialmente por un recipiente cerrado que contiene un gas y dos electrodos con potenciales eléctricos diferentes. Según el tipo de instrumento, los electrodos pueden ser placas paralelas o cilindros coaxiales.

Las partículas o radiaciones ionizantes que entran en la cámara, ionizan el gas situado entre los electrodos. Los iones producidos se desplazan hacia el electrodo de signo contrario (los iones de carga negativa se desplazan hacia el electrodo positivo, y viceversa), con lo que se crea una corriente que puede amplificarse y medirse directamente con un electrómetro —un electroscopio dotado de una escala— o amplificarse y registrarse mediante circuitos electrónicos.

Los sensores de vacío Ion-Gauge son dispositivos que consisten en una cápsula de vacío de acero o de vidrio, con dos o más electrodos entre los cuales pueden moverse libremente los electrones. El sensor de tubo de vacío fue desarrollado por el físico inglés John Ambrose Fleming.

Los sensores Ion-Gauge (fig. 1.6) contiene dos electrodos: el cátodo, un filamento caliente o un pequeño tubo de metal caliente que emite electrones a través de emisión termoiónica, y el ánodo, una placa que es el elemento colector de electrones. En estos sensores, los electrones emitidos por el cátodo son atraídos por la placa sólo cuando ésta es positiva con respecto al cátodo. Cuando la placa está cargada negativamente, no circula corriente por el tubo. Si se aplica un potencial alterno a la placa, la corriente pasará por el tubo solamente durante la mitad positiva del ciclo, actuando así como rectificador. Los sensores se emplean en la rectificación de corriente alterna.



Fig. 1.6 ION-GAUGE

1.5 VÁLVULAS ELECTRONEUMÁTICAS

Las válvulas son dispositivos mecánicos, eléctricos, neumáticos, hidráulicos o una combinación de algunos de éstos, empleados para controlar el flujo de un gas o un líquido. El tamaño de las válvulas es muy diverso y dependerá del uso para el que sea requerida. Las válvulas de baja presión suelen ser de latón, hierro fundido o plástico, mientras que las válvulas de alta presión son de acero fundido o forjado. En el caso de que el fluido sea corrosivo puede ser necesario emplear aleaciones, como acero inoxidable.

Las válvulas electroneumáticas responden a una señal eléctrica que activa o desactiva su bobina y de este modo son puestas en funcionamiento mediante la inyección de aire comprimido, el cuál tendrá una presión de 6 Kg/cm²; este aire circulará por arriba o por debajo del pistón con el que cuentan las válvulas electroneumáticas doble vía y por medio de éste se abrirá o cerrará la cortina de cada válvula mediante el movimiento ascendente (para abrirla) o descendente (para cerrarla) del pistón, según sea la circulación del aire dentro del émbolo y de acuerdo a la señal recibida por la bobina.

1.6 FUENTE DE VOLTAJE Y REGULADORES DE VOLTAJE

La mayoría de los equipos electrónicos requieren voltajes de DC para su funcionamiento. Estos voltajes pueden ser suministradas por baterías o por fuentes de alimentación internas que convierten la corriente alterna, que se puede obtener de la red eléctrica, en voltajes regulados de DC.

El primer elemento de una fuente de alimentación interna es el transformador, que eleva o disminuye la tensión de entrada a un nivel adecuado para el funcionamiento del equipo. La función secundaria del transformador es servir como conexión a tierra del dispositivo a fin de reducir un posible riesgo de descarga eléctrica. A continuación del transformador se sitúa un puente rectificador. Posteriormente se filtra y, por último, se regula para obtener el voltaje de DC fijo deseado.

La regulación se obtiene mediante un regulador de voltaje que toma un voltaje DC y proporciona otro voltaje de DC un poco inferior y que permanece constante, aunque el voltaje de entrada varíe o la carga conectada a la salida de voltaje de DC cambie. Las fluctuaciones y ondulaciones superpuestas al voltaje de DC rectificado pueden filtrarse mediante un capacitor. Cuanto más grande sea el capacitor, menor será el nivel de fluctuación del voltaje. Es posible alcanzar un control más exacto sobre los niveles y fluctuaciones de voltaje mediante un regulador de voltaje, que también consigue que los voltajes internos sean independientes de las fluctuaciones que se puedan encontrar en algún aparato eléctrico.

Los reguladores de voltaje son dispositivos o circuitos que mantienen el voltaje de la carga casi constante, aun cuando la corriente de la carga y el voltaje de la fuente estén cambiando.

Los aparatos eléctricos también incorporan fusibles, consistentes en un alambre de una aleación de bajo punto de fusión; el fusible se introduce en el circuito y se funde si la corriente aumenta por encima de un valor predeterminado.

La figura 1.7 nos muestra el diagrama de bloques de una fuente regulada, la cual consta de:

- Una entrada de voltaje AC
- Un transformador de voltaje
- Una sección de rectificación
- Una sección de filtración
- Una sección de regulación de voltaje
- Una salida de voltaje DC regulado.

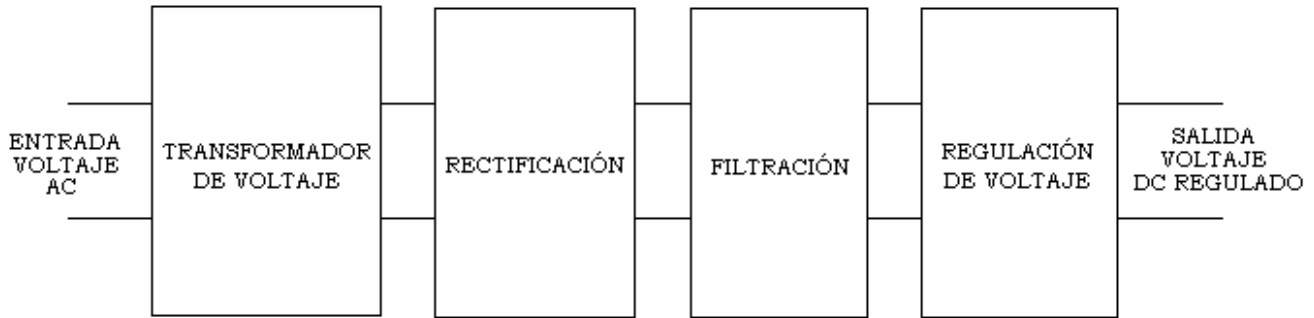


Fig. 1.7 FUENTE DE VOLTAJE REGULADA

1.7 RELEVADOR

Un relevador implica dos circuitos: el primero es el circuito de energización y el segundo es el circuito de contacto. La bobina se encuentra en el lado del primero y los contactos del relevador están en el lado del segundo. Cuando se energiza la bobina del relevador, la corriente que atraviesa por ésta, crea un campo magnético y atrae una placa que es parte de la armadura. Un extremo de la armadura se une al marco de metal, mientras que el otro extremo abre y cierra los contactos.

Un relevador se utiliza generalmente para controlar la operación de las máquinas, de las plantas industriales y de equipo comercial. Los relevadores controlan un circuito eléctrico abriendo y cerrando contactos en otro circuito.

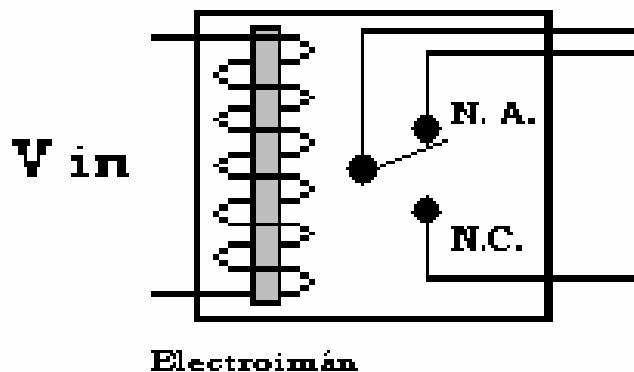


FIG. 1.8 RELEVADOR

CAPÍTULO II ANÁLISIS DEL MÉTODO DE SOLUCIÓN

2.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA: AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DEL ACELERADOR DE PARTÍCULAS PELETRÓN

El propósito del Módulo de Automatización es el de manipular las válvulas que proveen un vacío a la cámara de experimentación del Acelerador de Partículas Peletrón, prevenir accidentes de vacío y trabajar con seguridad. El módulo automatiza el manejo de las válvulas electroneumáticas y previene accidentes de vacío causados por errores de operación o fallas en el suministro de energía eléctrica. El Módulo de Automatización debe cerrar y asegurar las posiciones de las válvulas, además de cumplir con las condiciones de vacío para prevenir daños al sistema; el Módulo de Automatización quita al operador una gran carga de instrucciones repetitivas y proporciona condiciones de seguridad en su funcionamiento.

Para proveer un vacío en la cámara de experimentación, la línea de salida del Acelerador de Partículas Peletrón cuenta con una bomba mecánica, una bomba turbo-molecular, cinco sensores y cinco válvulas electroneumáticas que sirven para conectar:

- la bomba mecánica con la bomba turbo-molecular
- la bomba mecánica con la cámara de experimentación
- la bomba turbo-molecular con la cámara de experimentación
- la cámara de experimentación con la línea del haz

La línea del haz proviene directamente del acelerador de partículas y este haz de partículas bombardea a la muestra con la que se esté trabajando.

Para registrar el vacío que existe dentro de las diferentes secciones del sistema, se cuenta con cinco sensores, dos de estos sensores registran un prevacío del orden de 10^{-3} torr, uno de estos sensores se encuentra dentro de la línea que conecta la bomba mecánica con la bomba turbo-molecular y el otro sensor se encuentra dentro de la cámara; otros dos sensores registran un nivel de alto vacío de alrededor de 10^{-7} o 10^{-8} torr, uno dentro de la cámara de experimentación y el otro dentro de la línea del haz (este nivel de alto vacío dentro de la línea del haz siempre debe permanecer dentro de este intervalo); el quinto sensor se localiza dentro de la cámara de experimentación y registra la condición de presión atmosférica cuando existe dentro de la cámara.

Para que el sistema realice el vacío de 10^{-7} o 10^{-8} torr se debe llevar a cabo una secuencia de tal forma que permite realizar el alto vacío en la cámara de forma segura. Este vacío se realiza por medio de la bomba turbo-molecular apoyada por la bomba mecánica.

Para iniciar el proceso se realiza un prevacío dentro de la sección de la bomba turbo-molecular, esto se logra por medio de la bomba mecánica que se conecta a través de una válvula directamente con esta sección ahí se localiza también un sensor que indica cuando se llega al nivel de referencia establecido, una vez que se ha llegado a este nivel de referencia la bomba turbo-molecular puede comenzar a trabajar.

Para poder conectar la bomba turbo-molecular con la cámara ambas deben tener el mismo nivel de vacío, por lo tanto se realiza un prevacío dentro de la cámara, esto se logra conectando directamente la bomba mecánica a la cámara a través de una válvula que permite realizar este prevacío del orden de 10^{-3} torr, dentro de la cámara está ubicado un sensor que permite registrar cuando se llega al nivel de referencia establecido, después de que se realiza el prevacío dentro de la cámara, la válvula que conecta la bomba mecánica con la cámara se cierra y la bomba mecánica debe conectarse nuevamente con la bomba turbo-molecular para apoyarla, una vez que tanto la cámara como la sección de la bomba turbo-molecular se encuentran al mismo nivel de vacío se pueden conectar ambas a través de una válvula.

Al conectarse la cámara con la sección de la bomba turbo-molecular permite que la bomba realice el alto vacío dentro de la cámara, donde existe un sensor que indica cuando se llega al nivel de vacío de 10^{-7} o 10^{-8} torr, después de que se llega a este nivel de vacío la cámara está lista para conectarse con la línea del haz, que debe tener el mismo nivel de vacío que la cámara, este nivel de vacío está registrado por medio de un sensor.

La apertura de la válvula que conecta la línea con la cámara se hace por medio de otro módulo que sirve para iniciar el funcionamiento de la bomba turbo-molecular, este módulo manda las señales al módulo de automatización de las válvulas y así se indica cuando ha comenzado a trabajar la bomba turbo-molecular y en el otro caso cuando se debe abrir la válvula que conecta la cámara con la bomba turbo-molecular. Después de que se conecta la cámara con la línea del haz, se inicia el experimento dentro de la cámara.

Existe la posibilidad de que se necesite romper el alto vacío en la cámara y obtener dentro de ésta una presión atmosférica sin detener la bomba turbo-molecular; primeramente se debe aislar la sección de la bomba turbo-molecular y la línea del haz cerrando las válvulas que conectan la cámara con ambas secciones, y entonces se requiere de otra válvula que permite realizar el proceso para llevar hasta presión atmosférica el interior de la cámara.

Para registrar cuando se llega a presión atmosférica en la cámara, se cuenta con un sensor que indica si dentro de la cámara existe ésta presión. Para tener nuevamente un alto vacío dentro de la cámara de 10^{-7} o 10^{-8} torr se necesita realizar un prevacío en la misma para poder conectar la bomba turbo-molecular y realizar el alto vacío para conectarla con la línea del haz y comenzar de nuevo.

2.2 MÉTODO DE SOLUCIÓN

Para solucionar el problema de la automatización de las válvulas, existen diversas formas mediante las cuales se puede cumplir con el objetivo que persigue este trabajo de tesis.

Algunos de los métodos que pueden proporcionar una solución son:

1. Utilizando un Microcontrolador
2. Utilizando Electrónica de Potencia
3. Utilizando LabVIEW
4. Utilizando Relevadores

Para realizar la automatización de las válvulas a través de un microcontrolador en la figura 2.1 se muestra el diagrama de bloques que se utilizaría.

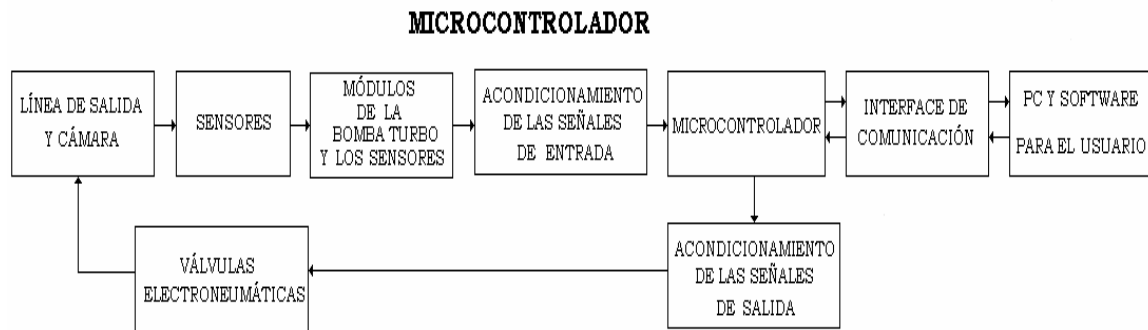


Fig. 2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS VALVULAS POR MEDIO DE UN MICROCONTROLADOR

La figura 2.2 muestra el diagrama de automatización de las válvulas utilizando transistores.

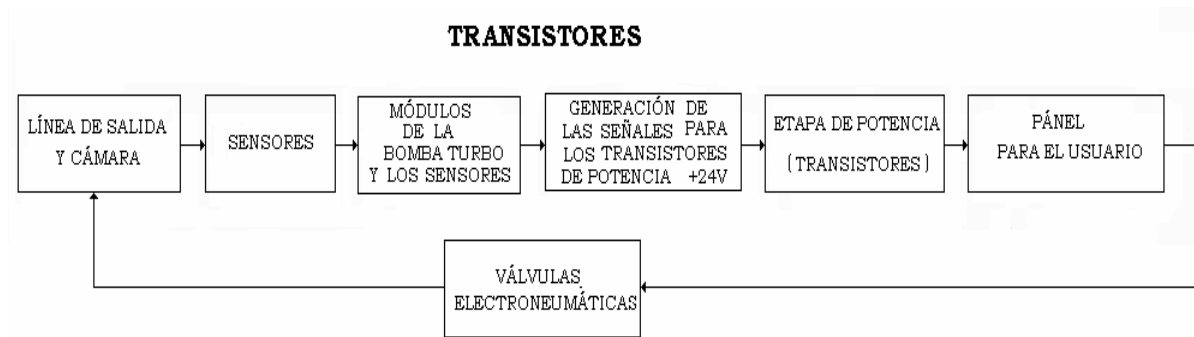


Fig. 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS UTILIZANDO TRANSISTORES

La automatización de las válvulas también se puede realizar a través de LabVIEW. En la figura 2.3 se muestra el diagrama de bloques utilizando LabVIEW.

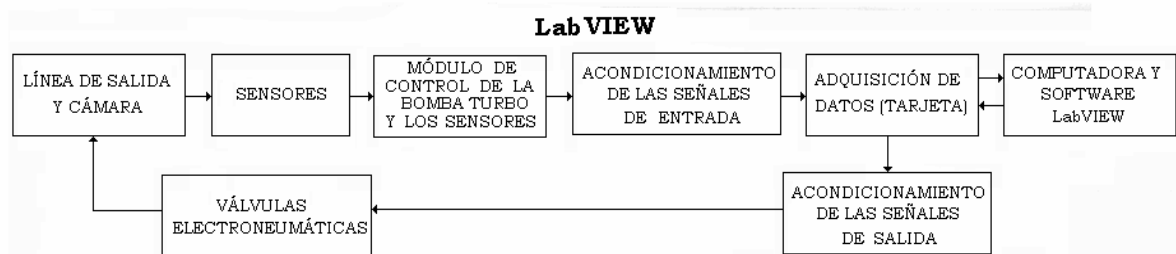


Fig. 2.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS UTILIZANDO LabVIEW

En la figura 2.4 se muestra el diagrama de bloques que representa como esta conformado el sistema de vacío de la línea de salida del Peletrón, se observa que se cuenta tanto con la línea del haz como con la cámara de experimentación de donde provienen las señales de entrada para el módulo de la bomba turbo-molecular y de algunos sensores, y donde la salida de este módulo es la entrada del Módulo de Automatización mediante relevadores. Con base en las señales de entrada y de acuerdo al arreglo que se tiene para los relevadores, es la señal de salida para cada una de las válvulas.

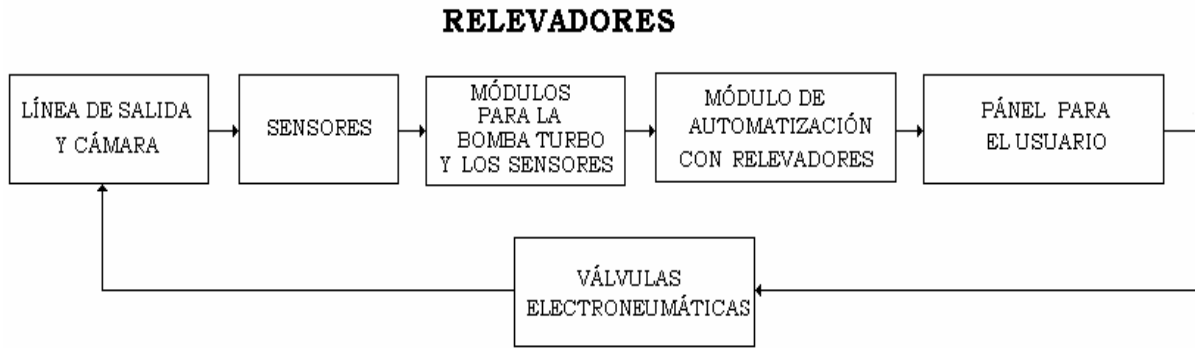


Fig. 2.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS VÁLVULAS UTILIZANDO RELEVADORES

El método de solución para realizar el Módulo de Automatización de las válvulas electroneumáticas de la línea de salida del Peletrón, es mediante la utilización de relevadores.

El manejo de las válvulas por medio de un Módulo de Automatización con relevadores implica utilizar relevadores electromagnéticos o relevadores de estado sólido.

Para elegir que tipo de relevadores utilizar, se tomará en cuenta las características de cada uno de ellos y cual es el que ofrece mayores ventajas en la realización del Módulo de Automatización de las válvulas.

Para este caso, después de comparar los relevadores electromagnéticos con los relevadores de estado sólido, se eligieron los relevadores electromagnéticos en lugar de los relevadores de estado sólido debido a las ventajas que presentan los primeros en la realización del Módulo de Automatización respecto a los de estado sólido.

Debido a que ya se contaba con algunos relevadores electromagnéticos, los costos se reducirían al elegir estos relevadores. Otra ventaja de estos relevadores es que pueden encontrarse con uno o más contactos, lo cual no sucede con los relevadores de estado sólido, y por lo tanto se requeriría una mayor cantidad de relevadores de estado sólido, lo cual incrementaría tanto el tamaño del Módulo de Automatización como los costos.

Para realizar el Módulo de Automatización con relevadores, se analizaron los métodos propuestos para tomar esta decisión.

A diferencia de los métodos donde se utiliza una computadora como interface para el manejo de las válvulas, lo cual resulta muy costoso en comparación con la utilización de los relevadores electromagnéticos, además de que ya se contaba con algunos de éstos y por lo tanto el costo se reduciría.

En el método de diseño mediante transistores, la lógica es demasiado compleja y el número de transistores que se tendrían que utilizar para cumplir con todas las condiciones requeridas para la automatización de cada una de las válvulas, es muy grande en comparación con los relevadores electromagnéticos utilizados.

Se eligió el método mediante relevadores electromagnéticos debido a que el Módulo de Automatización presentado en este trabajo puede ser sustituido por el equipo ya existente para cualquiera de las otras tres líneas de salida que ya están automatizadas de manera más sencilla y realizando ligeras modificaciones.

Otro punto para elegir éste método, es por el bajo costo de los relevadores electromagnéticos y por la facilidad para conseguirlos junto con los demás componentes que se utilizan en la construcción del módulo.

Con la realización del Módulo de Automatización para las válvulas por medio de relevadores electromagnéticos se tiene la posibilidad de colocar este Módulo de Automatización en cualquiera de las líneas ya sea la que cuenta con las válvulas cuya bobina se activa con 127 VAC o las que se activan con 24 VDC.

Esto no es posible de realizar con alguno de los otros métodos ya que sería necesario implantar el método en las cuatro líneas de salida del Peletrón de manera que toda la automatización de las válvulas fuera compatible.

Para realizar la automatización de las válvulas mediante relevadores, se tienen una serie de contactos ya sea conectados en serie o en paralelo para realizar un circuito que permita que se cumplan todas las condiciones para abrir o cerrar cada válvula.

Los contactos de los relevadores también se utilizan para realizar los cambios de color en los indicadores que permiten visualizar el estado de las válvulas así como el momento en el que los sensores lleguen a su nivel de referencia establecido; se tiene la posibilidad para poder operar las válvulas en forma manual y cerrarlas independientemente de las condiciones que se presenten dentro del sistema ya que en algunas ocasiones se puede requerir que cierta válvula permanezca cerrada aunque las condiciones para que ésta se abra estén presentes.

Con este Módulo de Automatización a través de relevadores, se cuenta con un panel donde el usuario puede realizar las operaciones necesarias para dar inicio al proceso de vacío así como para terminar cada una de las etapas de este proceso. Se debe tomar en cuenta que desde este panel el usuario puede manipular el Módulo de Automatización y las válvulas.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL MÓDULO

DE AUTOMATIZACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

En este capítulo se explicarán los pasos realizados en el diseño del Módulo de Automatización

Inicialmente se realizaron dos diagramas generales:

1. Diagrama de bloques
2. Diagrama de flujo de la secuencia de automatización

De estos diagramas se partió para realizar el diseño del Módulo de Automatización que se requiere.

Con base en el diagrama de flujo de la secuencia de automatización, se elaboraron diseños individuales para cada etapa del Módulo de Automatización que se construyó.

Al contar con el diagrama de bloques y el diagrama de flujo de la secuencia de automatización de cada etapa del proceso, se realizó un análisis de cada uno de ellos para comenzar a elaborar el diagrama eléctrico del Módulo de Automatización.

Se realizó el diagrama del circuito eléctrico general del Módulo de Automatización basado en los diagramas eléctricos de cada uno de los diseños de automatización de las válvulas.

Una vez analizados, organizados y realizados cada uno de los diagramas, se hizo un listado del material necesario para comenzar con la implantación del circuito eléctrico de prueba del Módulo de Automatización.

3.2 DIAGRAMAS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

3.2.1 Diagrama de Bloques.

La figura 3.1 muestra el diagrama de bloques, el cual será explicado detalladamente a continuación.

El sistema consta de una línea de salida del haz (por donde circulan las partículas aceleradas) y una cámara donde se depositan las muestras de material que será bombardeado con las partículas aceleradas.

También cuenta con una bomba turbo-molecular para alcanzar el alto vacío (10^{-7} o 10^{-8} torr), una bomba mecánica para hacer un prevacío (10^{-3} torr) así como para apoyar a la bomba turbo-molecular, y con cinco válvulas electroneumáticas y cinco sensores.

Las cinco válvulas que se encuentran en el sistema son:

1. Válvula de la Línea del Haz (BLV)
2. Válvula de la Bomba Turbo-Molecular (PV)
3. Válvula Mecánica 1 (RV1)
4. Válvula Mecánica 2 (RV2)
5. Válvula de Venteo (VV)

Los sensores que se encuentran en el sistema y que indican los diferentes niveles de vacío dentro de cada una de las secciones del sistema son los siguientes:

1. Alto vacío de la línea (HI VAC)
2. Alto vacío de la cámara (HI VAC)
3. Prevacío de la sección de la bomba turbo-molecular (TC1)
4. Prevacío de la cámara (TC2)
5. Presión Atmosférica en la cámara (ATM)

El proceso se inicia al habilitar las válvulas; la primera válvula que abrirá será RV1 y se encenderá la bomba mecánica para hacer un prevacío de 10^{-3} torr en la sección de la bomba turbo-molecular, las demás válvulas permanecerán cerradas, cuando el sensor TC1 alcance su nivel de referencia (10^{-3} torr) el led asociado a TC1 cambiará de color rojo a color verde, cuando esto suceda se encenderá la bomba turbo-molecular y una vez trabajando ésta, se cerrará RV1 y se abrirá RV2, las demás válvulas continuarán cerradas.

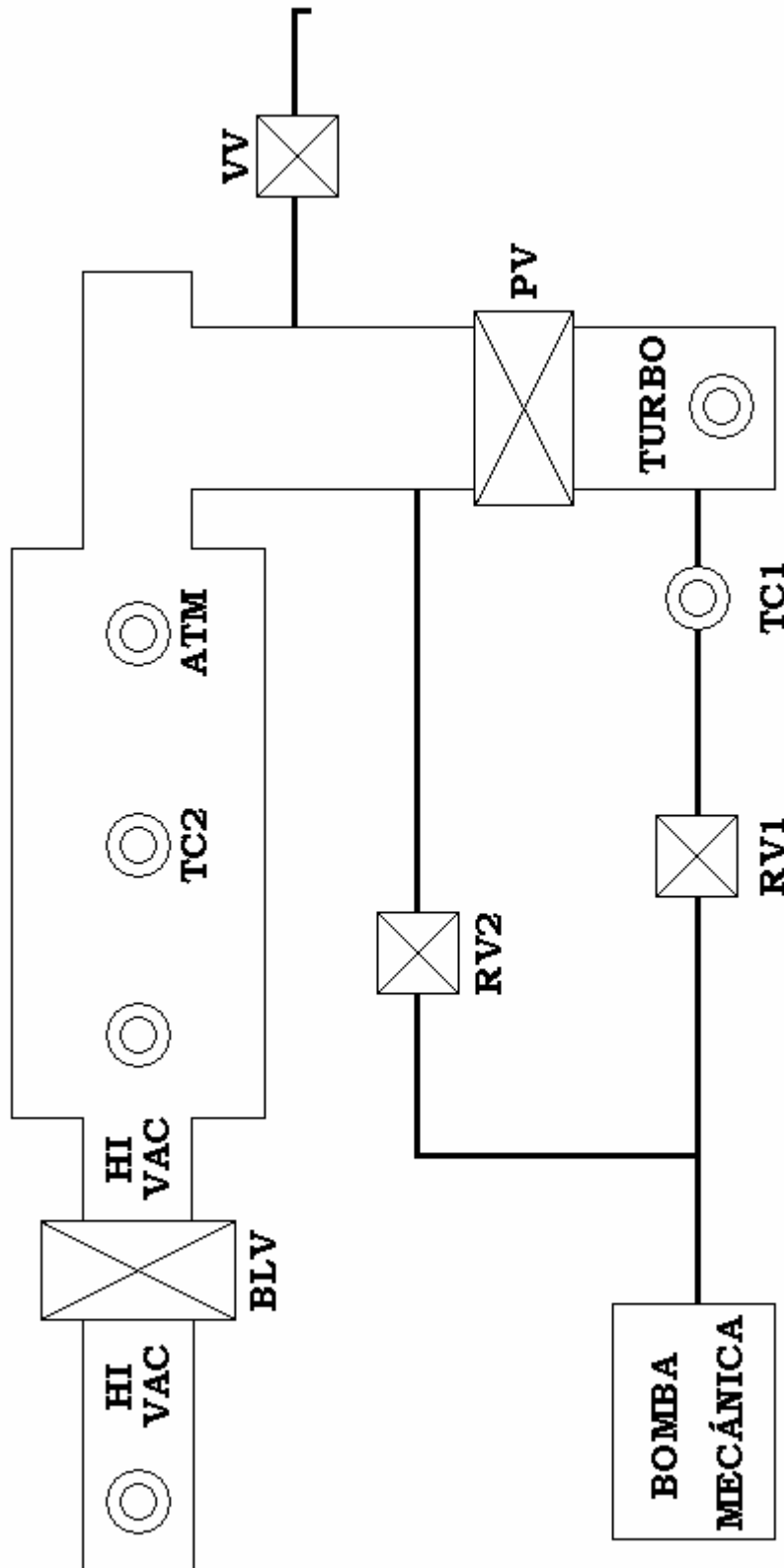


Fig. 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Cuando el sensor TC2 alcance su nivel de referencia (10^{-3} torr) el led asociado a TC2 cambiará de color rojo a color verde, cuando esto suceda se cerrará RV2, abrirá PV y después de 3 segundos se volverá a abrir RV1, donde el vacío era ya de 10^{-3} torr, y se conecta directamente la bomba turbo-molecular hacia la cámara; mientras RV1 y PV permanecen abiertas, las demás válvulas se encuentran cerradas.

Cuando el sensor de alto vacío Ion-Gauge que se encuentra dentro de la cámara alcanza su nivel de referencia (10^{-7} torr o 10^{-8} torr) el led de HI VAC cambia de color rojo a color verde y entonces BLV se abre, al abrir esta válvula se conecta directamente la cámara a la línea del haz, la cual siempre se encuentra a un nivel de vacío de 10^{-7} torr o 10^{-8} torr.

Proceso para abrir la cámara.

Para abrir la cámara se deberá ventear, lo que significa que en la cámara debe existir una presión atmosférica; primeramente se cierran BLV y PV simultáneamente, una vez que se asegura que estas dos válvulas están cerradas, esto es después de 5 segundos, se abre VV y comienza el proceso de venteo a la cámara; al tener una presión atmosférica en la cámara el led ATM encenderá en color ámbar indicando que la cámara puede ser abierta.

Proceso para cerrar la cámara.

Se cierra la válvula de venteo VV y se inicia nuevamente el proceso de prevacío en la cámara mediante la apertura de la válvula RV2, la cual abrirá al momento en que el interruptor de la bomba turbo-molecular sea cambiado hacia CÁMARA; al llegar nuevamente al nivel de referencia de TC2 se cierra RV2, se abre PV y después de 3 segundos se vuelve a abrir RV1 para que se inicie de nuevo el proceso de alto vacío en la cámara.

Los dos sensores HI VAC (Ion-Gauge) envían las señales para manejar la válvula BLV; TC1 y TC2 envían las señales para manejar la válvula PV.

Colores de los indicadores luminosos.

Verde

Indica que las válvulas están abiertas, es decir, están funcionando, y que los sensores han alcanzado su nivel de referencia establecido.

Rojo

Indica que las válvulas no están abiertas o no están funcionando en ese momento. Además indica que los sensores aún no llegan a su nivel de referencia establecido.

Ambar

Indica que está funcionando la bomba turbo-molecular y que tiene un correcto nivel de vacío. Además de indicar también donde está realizando el vacío la bomba mecánica. También indica si el sensor ATM ha llegado a su nivel de referencia, en este caso a presión atmosférica.

Todas las válvulas tienen la opción de trabajar automática o manualmente ya sea para abrirlas o cerrarlas. Se cuenta con un interruptor general de palanca para habilitar o deshabilitar todas las válvulas.

Además se tiene un interruptor para indicar donde realizará el vacío la bomba mecánica, éste cuenta con tres opciones: CÁMARA, APAGADO y TURBO. Si está colocado hacia cámara la bomba mecánica estará realizando un prevacío de 10^{-3} torr en la misma, una vez alcanzado este nivel se colocará el interruptor hacia TURBO, donde se conectará la bomba mecánica con la bomba turbo-molecular para realizar el alto vacío.

3.2.2 Diagrama de Flujo de la Secuencia de Automatización.

Las figuras 3.2a y 3.2b muestran el diagrama de flujo de la secuencia de automatización, el cual será explicado a continuación.

El proceso de automatización comienza al encender el módulo, una vez encendido, se deberá colocar el interruptor que habilita las válvulas hacia la posición de HABILITAR.

Los interruptores de las cinco válvulas (RV1, RV2, PV, BLV, VV) se colocaran hacia la posición AUTO, donde abrirán y cerrarán automáticamente al llegar a los niveles de referencia de cada uno de los sensores. Se encenderá la bomba mecánica, el interruptor de BOMBA MECÁNICA se colocará hacia TURBO, así mismo, se colocará el interruptor TURBO NLK hacia la posición BYPASS (en español desvío).

La válvula RV1 abrirá después de 3 segundos y a partir de este momento se realizará un prevacío de 10^{-3} torr en la línea que conecta con la bomba turbo-molecular, en el momento en que TC1 alcance su nivel de referencia (10^{-3} torr), se podrá encender la bomba turbo-molecular y se colocará el interruptor de la BOMBA MECÁNICA hacia CÁMARA, con lo cual quedará abierto el paso hacia la cámara y automáticamente se cerrará RV1 y se abrirá RV2; con este último paso se procederá a realizar un prevacío de 10^{-3} torr dentro de la cámara para posteriormente conectar la bomba turbo-molecular a la misma para realizar en ésta un alto vacío. Ahora que ya se está haciendo el vacío dentro de la cámara y una vez que TC2 alcance su nivel de referencia (10^{-3} torr) dentro de la misma, automáticamente se cerrará RV2, se abrirá PV y después de 3 segundos abrirá nuevamente RV1. En este momento se colocará el interruptor de la BOMBA MECÁNICA hacia la posición de TURBO.

El sensor de alto vacío Ion-Gauge que se encuentra dentro de la cámara indicará el momento en que se alcance su nivel de referencia (10^{-7} o 10^{-8} torr) y automáticamente abrirá BLV. Las válvulas que se encontrarán abiertas son RV1, PV y BLV, las que se encontrarán cerradas serán RV2 y VV; con este proceso se conectará la cámara hacia la línea del haz para comenzar con la experimentación.

Cuando se requiera abrir la cámara, se deberá ventear, esto se realizará de la siguiente manera: el interruptor VENTEAR se colocará en la posición inicio, con este paso, automáticamente se iniciará el venteo y se cerrarán BLV y PV y después de 5 segundos se abrirá VV, una vez alcanzado el nivel de referencia de una presión atmosférica dentro de la cámara, se cerrará VV después de 5 segundos y ya podrá ser abierta la cámara.

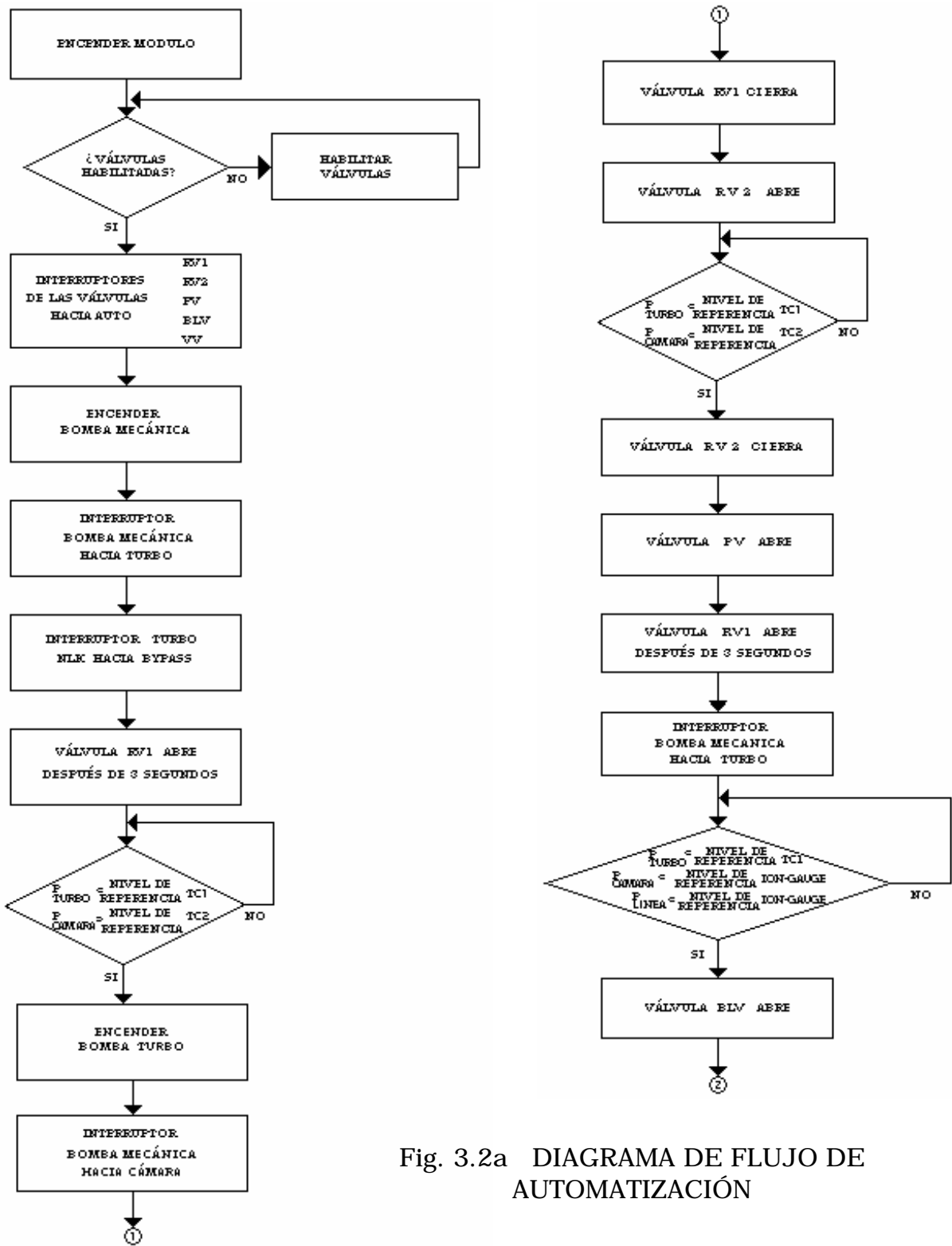


Fig. 3.2a DIAGRAMA DE FLUJO DE AUTOMATIZACIÓN

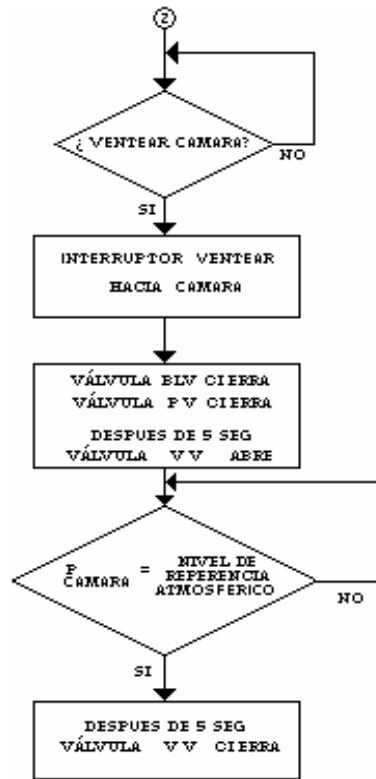


Fig. 3.2b DIAGRAMA DE FLUJO DE AUTOMATIZACIÓN

Al realizar el proceso anterior, únicamente en la cámara existirá una presión atmosférica; entre las válvulas PV y RV1 se quedará almacenado un vacío de 10^{-3} torr.

Para volver a cerrar la cámara; la fig. 3.3 muestra el diagrama de automatización para cerrar la cámara. Las válvulas VV y RV1 deberán cerrarse y se abrirá RV2. El sensor TC2 deberá alcanzar su nivel de referencia (10^{-3} torr), y una vez llegado a este punto automáticamente se cerrará RV2 y abrirán PV y después de 3 segundos abrirá RV1. La válvula BLV volverá a abrirse cuando el sensor Ion-Gauge alcance su nivel de referencia (10^{-7} o 10^{-8} torr) dentro de la cámara.

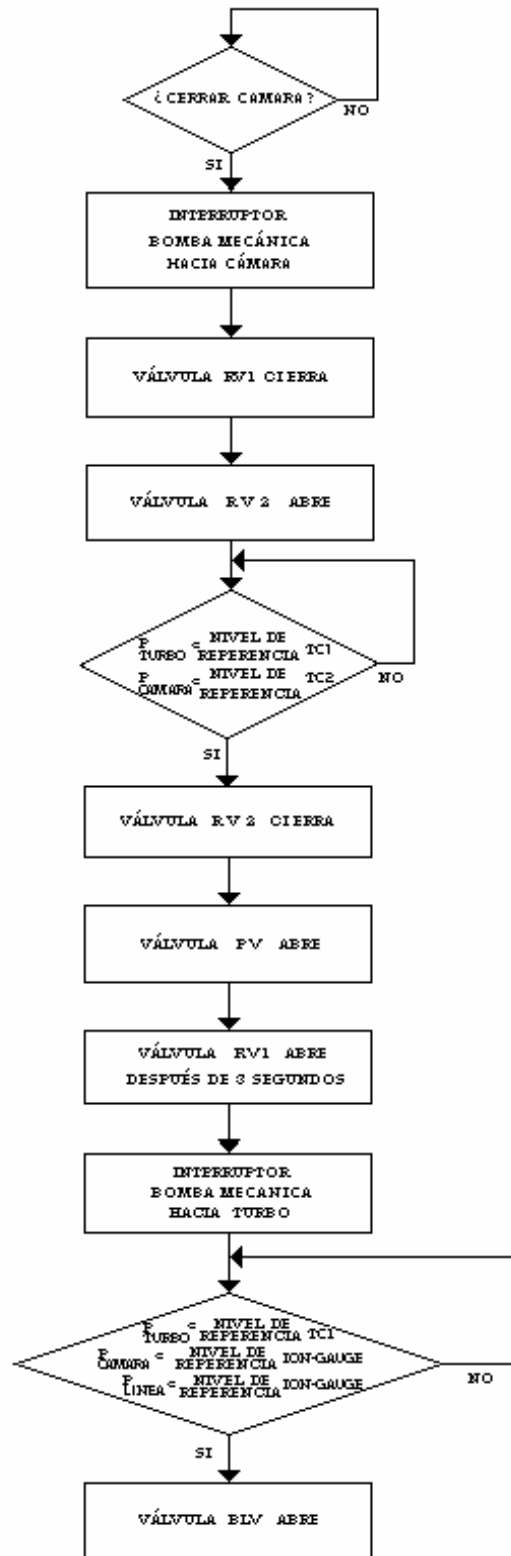


Fig. 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA CERRAR LA CÁMARA

3.3 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

3.3.1 Diseño del circuito para habilitar las válvulas

La figura 3.4 muestra el circuito eléctrico que servirá para habilitar las válvulas de tal forma que el módulo se encuentre en condiciones de poder abrir o cerrar las mismas dependiendo de las condiciones que se presenten. Este circuito permitirá cortar la alimentación a las válvulas y mantenerlas cerradas en caso de que exista una falla en el módulo, con esto se deshabilitarán las válvulas y el interruptor destinado para habilitarlas se tiene que volver a colocar en la posición HABILITAR. En el panel frontal se localizará un led, el cual indicará si las válvulas están habilitadas o no.

Dentro de este circuito se incluirá una parte que servirá para realizar una prueba a todos los led's para comprobar el correcto funcionamiento de estos. Para realizar este proceso se tendrá un interruptor que permitirá probar los led's en color rojo y ámbar y los led's en color verde por separado. Dentro de los circuitos de automatización para cada una de las válvulas se encontrará una parte que permitirá realizar esta prueba. En este circuito se incluirá un led que indicará si el módulo se encuentra encendido o apagado.

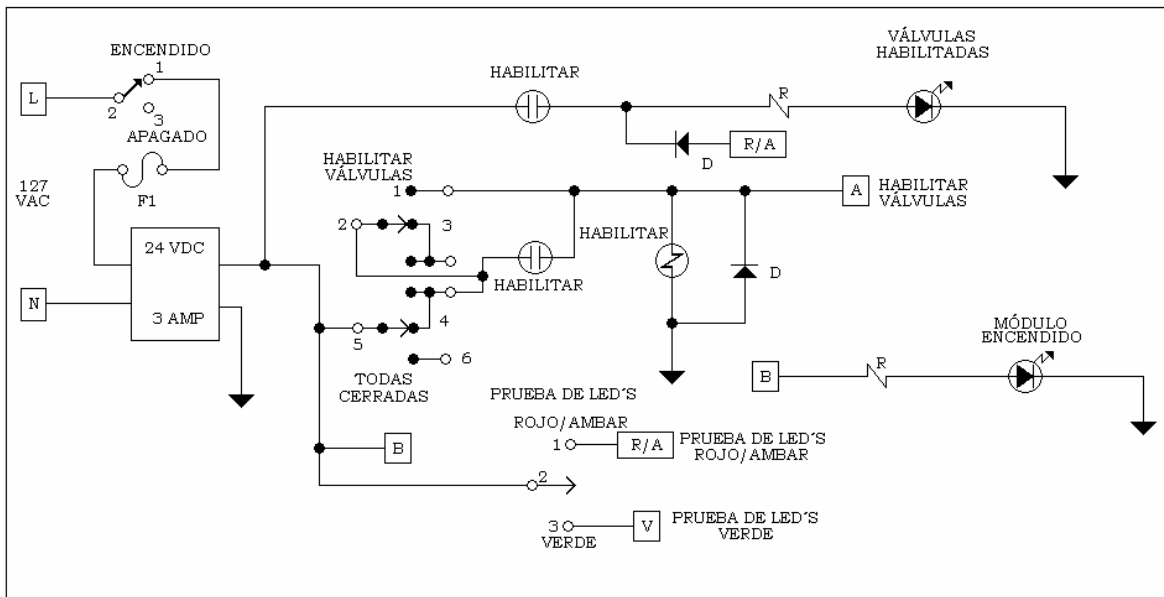


Fig. 3.4 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA HABILITAR LAS VÁLVULAS

3.3.2 Diseño del circuito de automatización para la válvula RV1

En la figura 3.5 se observa el diagrama eléctrico para la válvula RV1. Esta válvula conecta la bomba mecánica con la sección de la bomba turbo-molecular; esta válvula se encuentra normalmente cerrada y para su apertura se necesita energizar su bobina con 127 VAC.

Para realizar el circuito de automatización de esta válvula se deben considerar y cumplir todas las condiciones para la apertura o cierre de la misma en las diferentes etapas del proceso de vacío, por lo tanto se empezó considerando que en la sección de la bomba turbo-molecular se tiene que realizar un prevacío (10^{-3} torr); este prevacío lo realizará la bomba mecánica, que tendrá un interruptor asociado a ella y el cual permitirá manejar donde estará realizando el prevacío esta bomba.

Para realizar el prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular se requiere abrir la válvula RV1 se tiene que realizar un bypass para lograr que la válvula se habrá en el momento en que el interruptor asociado a la bomba mecánica, se coloque en la posición TURBO; este bypass solamente se realizará mientras la bomba turbo-molecular no esté funcionando, pero una vez que comienza a funcionar se deberá anular el bypass.

Además dentro de este circuito se incluirá un led bicolor que indique si la válvula RV1 se encuentra cerrada o abierta, también se contará con un led que indique que se está realizando el prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular, así como también se contará con un led que indique que se está realizando el bypass.

Otro aspecto que se tomó en cuenta en el circuito para la válvula RV1 es el asegurar que la válvula RV2 se encuentre cerrada, es necesario hacer esto porque no deben estar las dos válvulas abiertas al mismo tiempo, por este motivo se incluye dentro del circuito un temporizador que proporcionará un retraso de tres segundos para la apertura de RV1, este retraso se hace dando tiempo para que RV2 se cierre después de haberse realizado un prevacío en la cámara, y con la apertura de RV1 se conectará la bomba mecánica con la bomba turbo-molecular para realizar un alto vacío en la cámara.

Se incluye en este circuito un led bicolor asociado a la válvula RV1 que se encuentra localizado en el panel frontal y el cual indicará si la válvula se encuentra cerrada o abierta.

Otro punto importante para la realización de este circuito es que el interruptor de la válvula RV1, que se localizará en el panel frontal, debe encontrarse en la posición AUTO para que la válvula pueda responder a las condiciones que determinan si se cierra o se abre; si este interruptor se encuentra en posición CERRADO, la válvula no se abrirá a pesar de que las condiciones para que esto suceda se cumplan.

La salida del circuito de automatización para la válvula RV1 se obtendrá por medio de un conector DB9, que se localiza en el panel trasero del módulo y éste se conectará con la bobina de la válvula RV1 para abrir o cerrar esta válvula.

La señal de que la bomba turbo-molecular comenzó a trabajar se obtendrá de un conector minidin de tres pines localizado también en el panel trasero. Este conector minidin está conectado con el módulo de la bomba turbo-molecular y desde allí se manda la señal para que comience a funcionar la bomba turbo-molecular cuando ya se tienen las condiciones para que esto pase.

Para indicar cuando está funcionando y cuando no está funcionando la bomba turbo-molecular se incluirá en el circuito un led que se encontrará en el panel frontal.

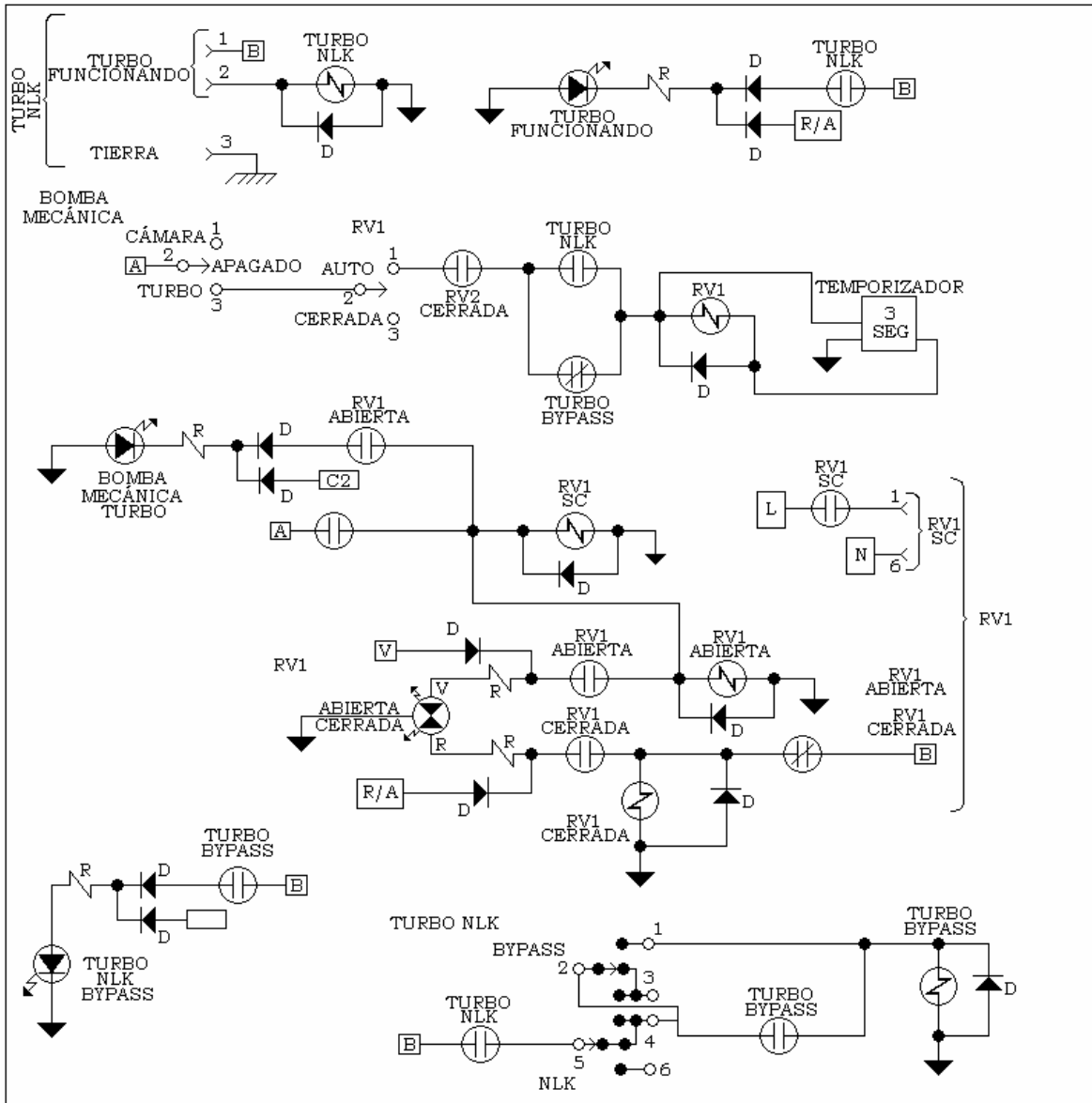


Fig. 3.5 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA RV1

3.3.3 Diseño del circuito de automatización para la válvula RV2

La figura 3.6 muestra el diagrama eléctrico para la válvula RV2. Esta válvula conecta la bomba mecánica directamente con la cámara; esta válvula se encuentra normalmente cerrada y para su apertura se necesita alimentar su bobina con 127 VAC. El propósito de abrir esta válvula es el de realizar un prevacío dentro de la cámara antes de conectarla directamente con la bomba turbo-molecular. Para el circuito de automatización de la válvula RV2 se deben considerar las condiciones básicas que son: que se haya realizado un prevacío de 10^{-3} torr en la sección de la bomba turbo-molecular y que por lo tanto el sensor TC1 localizado en este punto debe estar activado, además la posición del interruptor de RV2 debe encontrarse en la posición AUTO, de otra forma permanecerá cerrada la válvula.

Para dar inicio al proceso de prevacío en la cámara, el interruptor de la bomba mecánica se debe colocar hacia la posición CÁMARA, entonces se cerrará la válvula RV1 y se abrirá la válvula RV2 y la primera permanecerá cerrada durante el proceso de prevacío en la cámara. Después de que termine de hacerse el prevacío se debe cerrar la válvula RV2 y se debe abrir, después de tres segundos, la válvula RV1. Cuando se llegue al nivel de vacío establecido se va a activar el sensor TC2, este sensor tendrá asociado un led bicolor, el led en color verde indicará que llegó a su nivel de referencia establecido y el led en color rojo indicará que no se ha llegado a este nivel.

Otra condición que deberá tomarse en cuenta para este circuito es que las válvulas VV, PV y BLV se encuentren cerradas, esto es con el fin de poder realizar el prevacío dentro de la cámara. En este circuito se encontrará un led que indique que se está realizando el prevacío en la cámara, además de un led bicolor que indique la posición de la válvula RV2, considerando el color rojo para la posición de cerrada y el color verde para la posición abierta. También debe tomarse en cuenta que se podrá realizar el prevacío en la cámara sin que se haya realizado el prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular, esto sólo se puede llevar a cabo siempre y cuando la válvula RV1 se encuentre cerrada.

Para anular la condición de que el sensor TC1 que se encuentra en la sección de la bomba turbo-molecular no esté activado, se realizará un desvío en ese punto, con lo cual se pueden dar las condiciones para poder abrir la válvula RV2 y así iniciar el prevacío en la cámara.

La salida del circuito de automatización para la válvula RV2 se va a obtener a través de un conector DB9 que se va a localizar en el panel trasero, esta salida va a estar conectada directamente a la bobina de la válvula RV2 y con esto activarla para abrir la válvula o cerrarla según sea el caso.

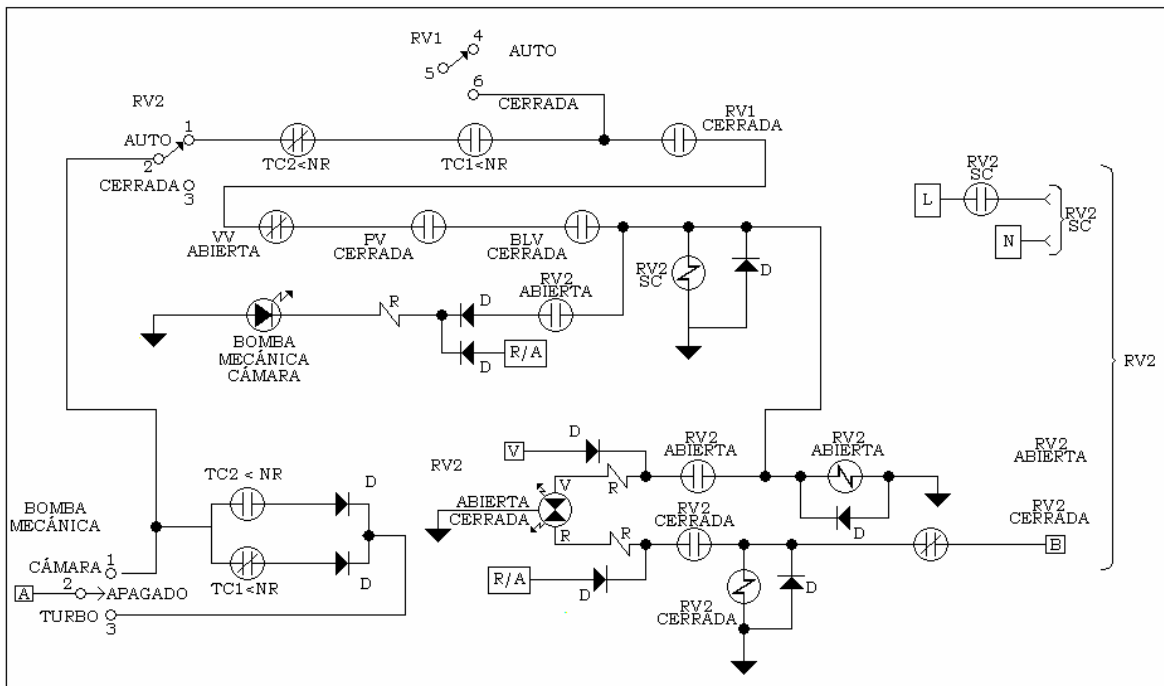


Fig. 3.6 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA RV2

3.3.4 Diseño del circuito de automatización para la válvula BLV

En la figura 3.7 se muestra el diagrama eléctrico de la válvula BLV. La válvula BLV conectará la cámara con la línea del haz del Acelerador de Partículas Peletrón, esta válvula se encuentra normalmente cerrada y se abre al activarse su bobina con 127 VAC. Para poder abrir esta válvula la primera condición es que el interruptor asociado a la válvula se encuentre en posición AUTO, otra condición para este circuito de automatización es que tanto la línea del haz como la cámara tengan el mismo nivel de alto vacío, el cual será sensado con un dispositivo llamado Ion-Gauge y se contará con dos sensores: uno para la línea del haz y otro para la cámara, esta condición se deberá cumplir en el circuito de tal forma que si los dos sensores HI VAC no registran el mismo nivel de alto vacío no se pueda abrir BLV.

Las señales de entrada de los dos sensores HI VAC (Ion-Gauge) se obtendrán a través de dos conectores minidin de tres pines, uno para cada sensor, que se encuentran en el panel trasero del Módulo de Automatización; cada uno de estos conectores minidin estará conectado a un módulo que permite que la bomba turbo-molecular comience a trabajar y desde donde se manejarán los niveles de referencia para activar cada sensor.

Además este circuito contará con un led bicolor para cada sensor, el led en color rojo indicará que aún no se ha llegado al nivel de referencia establecido y el led en color verde indicará que ya se llegó al nivel de referencia, dentro de este circuito se encontrará también un led para indicar en que posición se encuentra la válvula BLV, el led en color rojo indicará que la válvula se encuentra cerrada y el led en color verde indicará que la válvula se encuentra abierta.

Otra condición que debe cumplir este circuito es asegurar que la válvula BLV este cerrada cuando en la cámara se vaya a realizar el proceso de venteo. La salida de la señal para la válvula será a través de un conector DB9 localizado en el panel trasero del Módulo de Automatización, este conector DB9 estará conectado directamente a la bobina de la válvula BLV y hará que se active la bobina para abrir la válvula o para que permanezca cerrada cuando así se requiera.

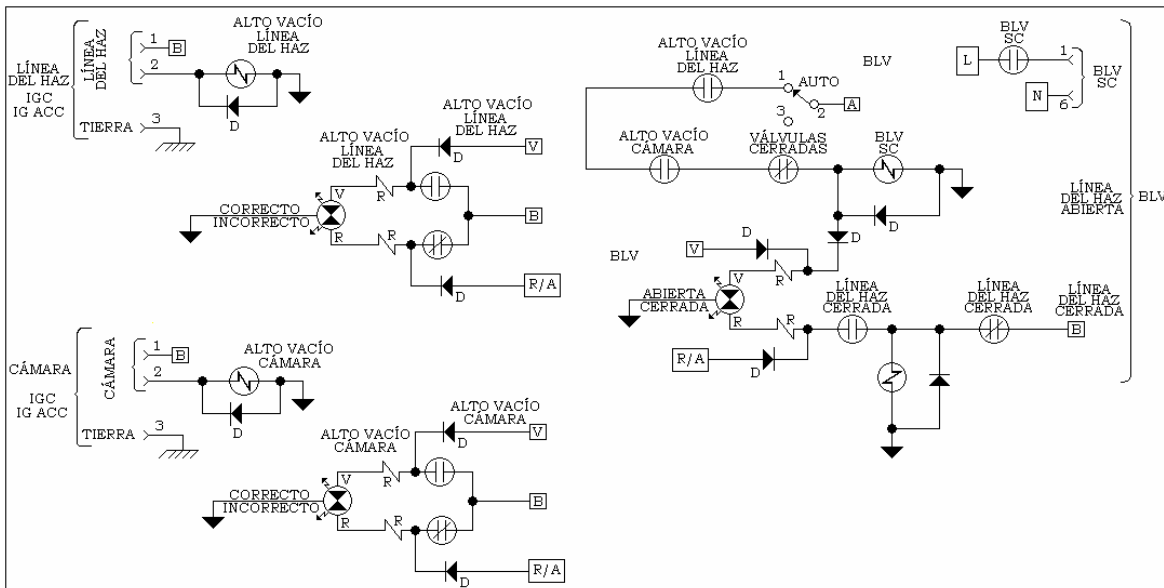


Fig. 3.7 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA BLV

3.3.5 Diseño del circuito de automatización para la válvula PV

En la figura 3.8 se muestra el diagrama eléctrico para PV. La válvula PV estará normalmente cerrada, esta válvula conectará la sección de la bomba turbo-molecular con la cámara.

El propósito de abrir esta válvula es para realizar un alto vacío en la cámara utilizando la bomba turbo-molecular apoyada por la bomba mecánica para llegar a las condiciones necesarias para realizar experimentos dentro de la cámara. La bobina de esta válvula se activa con 127 VAC.

Para realizar este circuito se debe tomar en cuenta que el interruptor de la válvula se encuentre en posición AUTO, después otra condición que debe cumplirse es que se tenga un prevacío de 10^{-3} torr tanto en la cámara como en la sección de la bomba turbo-molecular; este vacío se medirá a través de dos sensores, uno colocado en la cámara (TC2) y otro colocado en la sección de la bomba turbo-molecular (TC1).

Tanto la válvula PV como los dos sensores, tendrán asociados un led bicolor que indicará, en el caso de la válvula la posición en la que se encuentra, color verde para válvula abierta y color rojo para válvula cerrada, y para el caso de los sensores indicará el momento en el que se llegue a su nivel de referencia establecido, color rojo para cuando aún no se haya llegado a su nivel de referencia y color verde para cuando ya se llegó a su nivel de referencia.

La salida de la señal para la válvula PV se obtendrá por medio de un conector DB9, que se encontrará en el panel trasero del módulo, este conector DB9 estará conectado directamente a la bobina de la válvula PV y abrirá la válvula o la mantendrá cerrada dependiendo del proceso que se realice.

Las señales de los dos sensores se obtendrán a través de un conector DB9 localizado en el panel trasero del Módulo de Automatización.

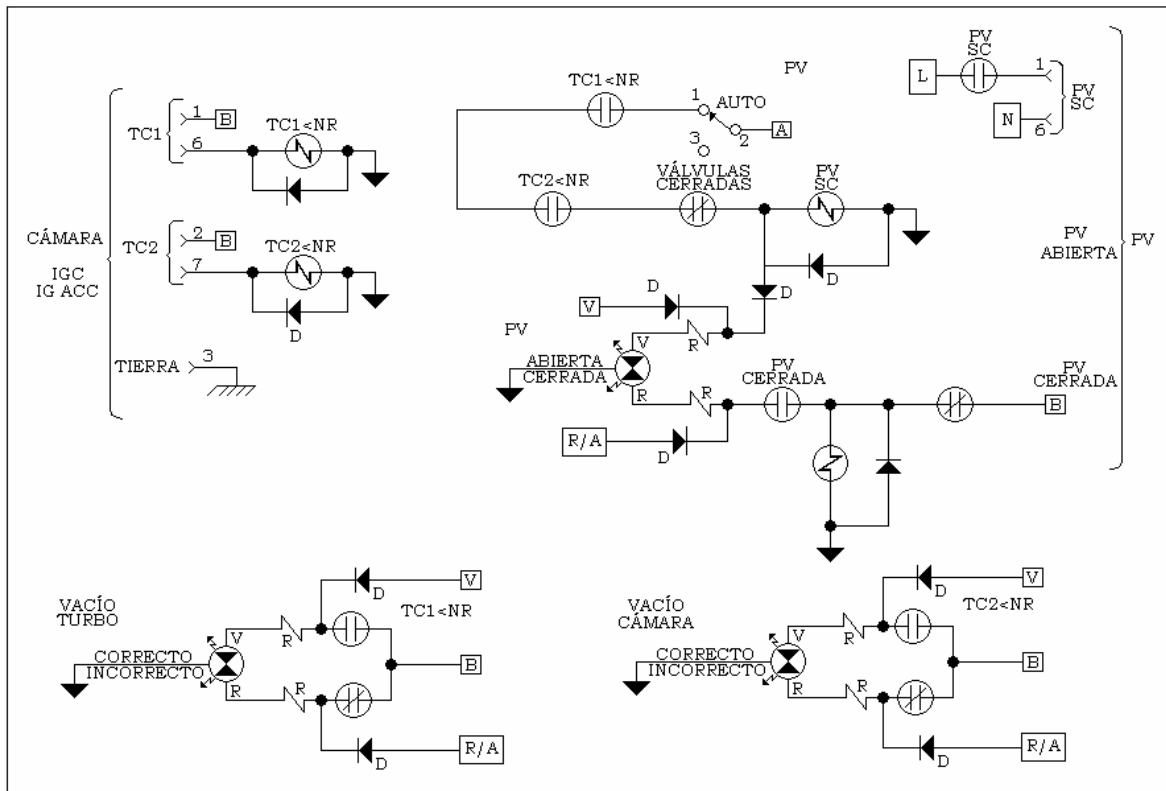


Fig. 3.8 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA PV

3.3.6 Diseño del circuito de automatización para la válvula VV

La figura 3.9 muestra el diagrama eléctrico de VV. La válvula VV sirve para realizar el venteo de la cámara cuando esta se quiera abrir, la válvula está normalmente cerrada y para lograr que se abra se aplicará a la bobina de la válvula 127 VAC. Para realizar el circuito de automatización de la válvula VV se deberá cumplir que el interruptor asociado a esta válvula se encuentre en posición AUTO, también es necesario que la válvula RV2 se encuentre cerrada al igual que las válvulas BLV y PV.

Para iniciar el proceso de venteo de la cámara, se cuenta con un interruptor que servirá para este propósito; se colocará este interruptor en la posición de VENTEAR y para asegurar que las válvulas BLV y PV estén cerradas se tendrá un retardo de 5 segundos, este retardo será proporcionado por un temporizador.

La válvula VV tendrá asociado un led bicolor que indique el estado en que se encuentra la válvula, el led en color rojo indica que la válvula esta cerrada y el led en color verde indica que la válvula se encuentra abierta. También se tendrá un led que indique que el proceso de venteo se ha iniciado, todos los led's se encuentran localizados en el panel frontal del Módulo de Automatización.

La salida de la señal se obtendrá a través de un conector DB9, ubicado en el panel trasero del módulo, este conector DB9 estará conectado a la bobina de la válvula VV. Otra condición que se debe tener en cuenta para realizar este circuito es que el proceso de venteo debe terminar cuando la cámara llegue a presión atmosférica, cuando esto suceda, después de 5 segundos, automáticamente deberá cerrarse la válvula VV, el retraso se obtendrá por medio de un temporizador. La señal de entrada se obtendrá a través de un conector minidin de tres pines localizado en el panel trasero del módulo; después de que se llega a presión atmosférica dentro de la cámara se deberá esperar 5 segundos para poder abrir la cámara. En el panel frontal se encontrará un led que indique cuando se ha llegado a presión atmosférica.

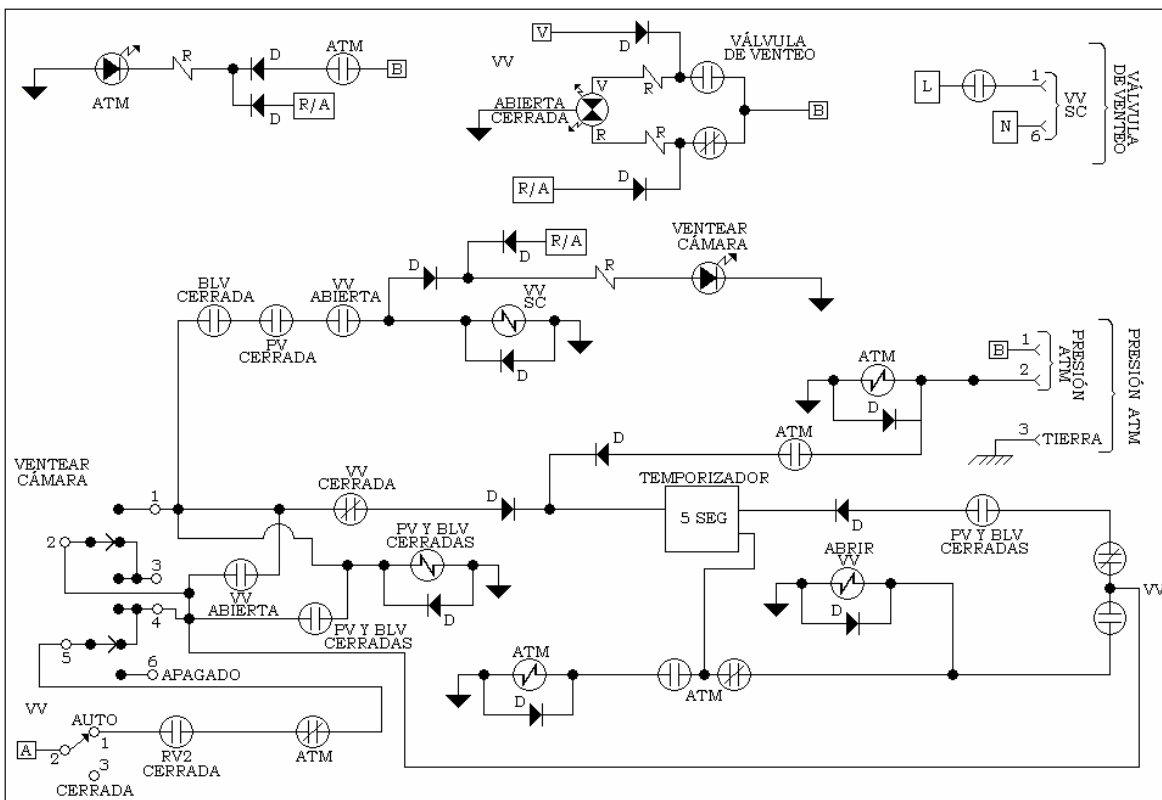


Fig. 3.9 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARA VV

Las figuras 3.10a y 3.10b muestran el Diagrama Eléctrico General del Módulo de Automatización.

Cada uno de los componentes del Módulo de Automatización está identificado de la siguiente manera:

Para los relevadores se utilizaron cuatro siglas que van a identificarlos, además cada uno de sus contactos estarán numerados con cinco siglas. La primera sigla es una letra *K* que indicará que se trata de un relevador, la segunda es un número e indicará la tarjeta en la que se encuentra ubicado, la tercera sigla es un guión, la cuarta indicará el número de relevador dentro de la tarjeta donde se encuentre ubicado.

En el caso de los contactos de los relevadores, la primera sigla será una letra que indicará que se trata de un relevador, la segunda es un número que indica la tarjeta donde se ubica el relevador, la tercera es un guión, la cuarta sigla indica el número que tiene el relevador dentro de la tarjeta y la quinta sigla indica cual de los cuatro contactos se está utilizando.

Para los diodos también se utilizarán cuatro siglas de las cuales la primera será la letra *D* que indica que se trata de un diodo, la segunda sigla es un número que indicará la tarjeta en la que se encuentra localizado el diodo, la tercera es un guión y la cuarta sigla es el número de diodo que le corresponde dentro de la tarjeta. Esto mismo se aplica para las resistencias pero la diferencia es que la letra cambiará por una *R*.

Los conectores estarán identificados de la siguiente manera: primero tendrán la palabra *CON* que significa que se trata de un conector, después se encontrará un primer número que indicará la tarjeta en la que se encuentra el conector, el segundo número se trata del asociado al conector dentro de la tarjeta, después esta un guión y el último se trata del número de pin del conector.

Dentro de este diagrama general se encuentran también identificadas las señales de entrada y de salida; en ellas la primera sigla es una letra *E* que indicará que se trata de una salida o de una entrada de señal, la segunda indicará qué número le corresponde a esa salida en el panel trasero del Módulo de Automatización, la tercera es un guión, y la cuarta es el número que le corresponde al pin del conector de salida, ya sea un conector DB9 o un conector minidin de tres pines.

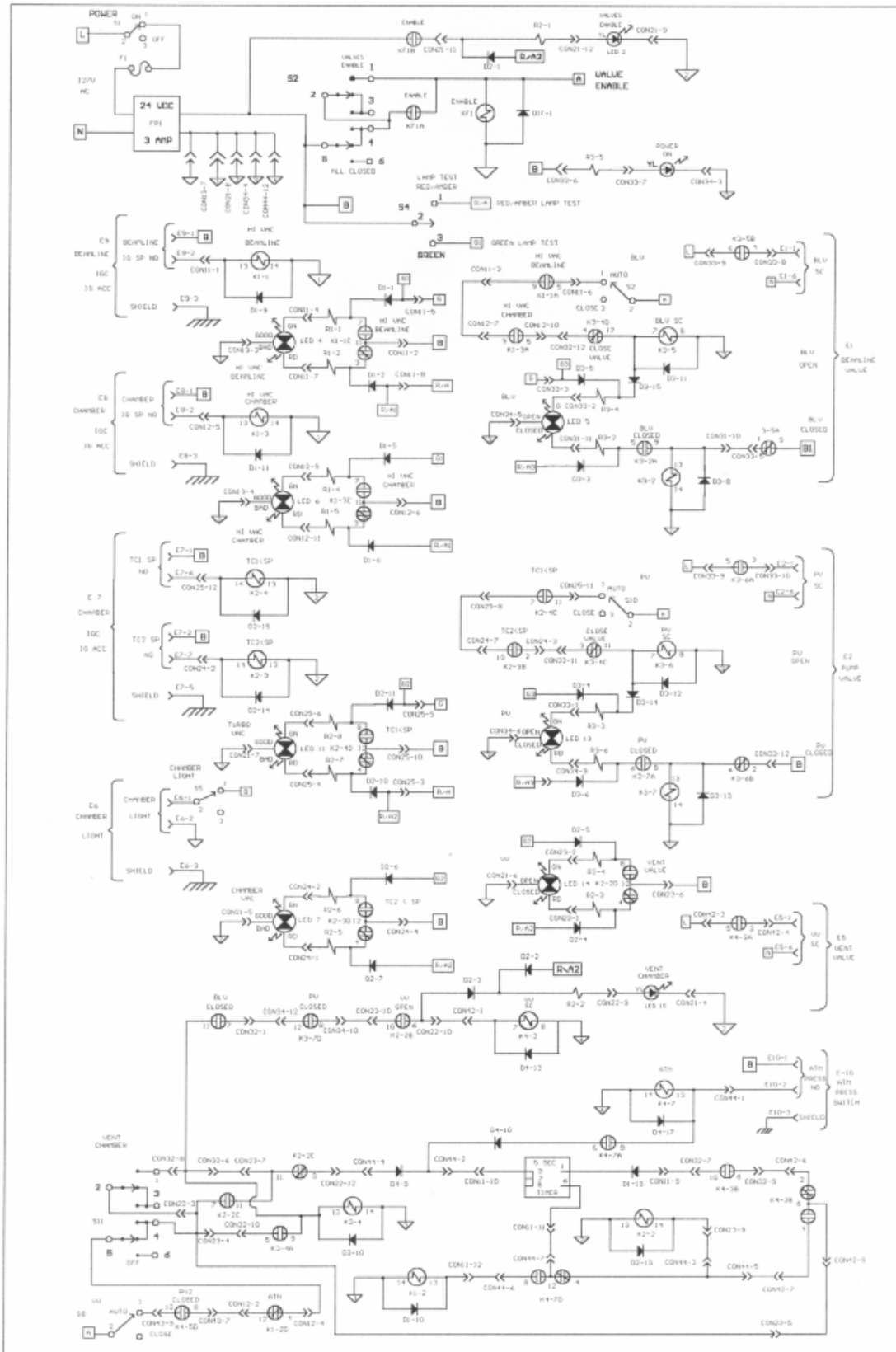


Fig. 3.10a DIAGRAMA ELÉCTRICO PARTE 1

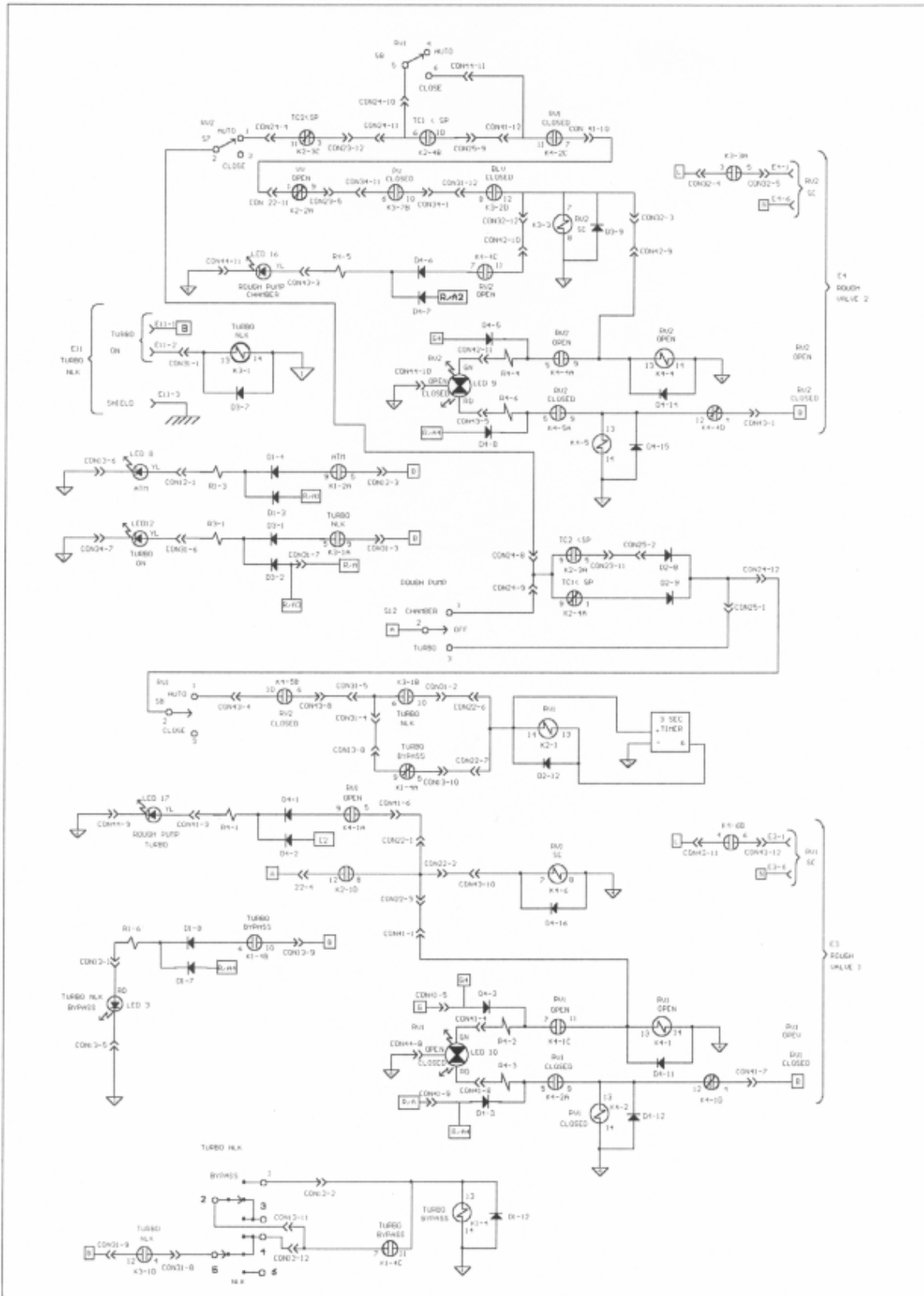


Fig. 3.10b DIAGRAMA ELÉCTRICO PARTE 2

3.3.7 Diseño del circuito de la fuente de voltaje regulada

La figura 3.11 muestra el diagrama eléctrico de la fuente de voltaje regulada.

La fuente consta de un interruptor por donde entra la señal de voltaje de la línea, este voltaje fluye a través de un fusible de 1 A/120 VAC, posteriormente alimenta a un transformador de voltaje que convierte los 127 VAC en 24 VAC. Este voltaje de 24 VAC pasa por un puente rectificador y después por una etapa de filtrado mediante capacitores.

Una vez filtrado, en la siguiente etapa el voltaje se regula con un circuito integrado de 3 terminales (L78S24CV) el cual tendrá a la salida un voltaje regulado de 24 VDC.

A este regulador se le agregó un transistor de potencia (2SB1077) para aumentar la corriente de salida de la fuente.

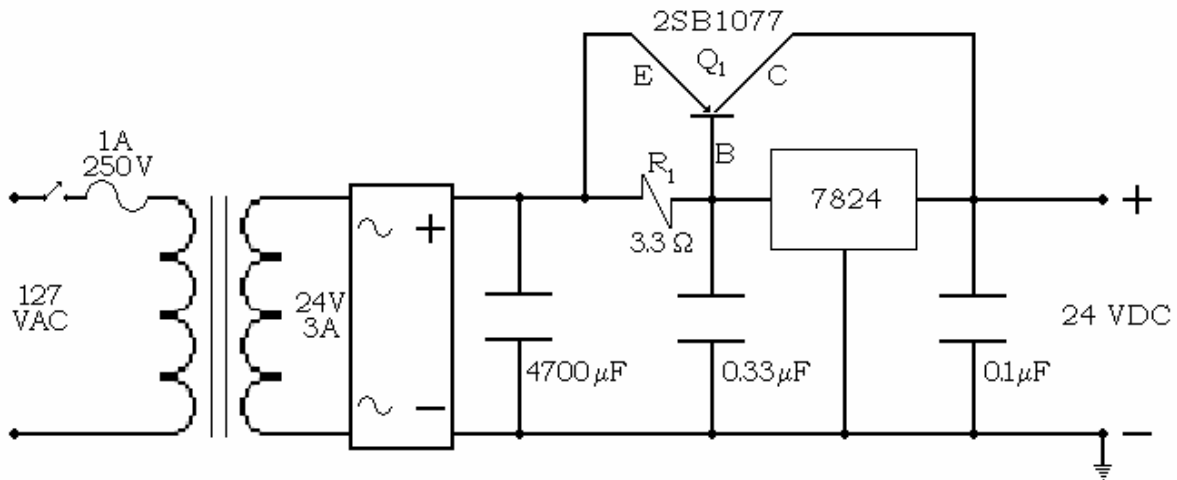


Fig. 3.11 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA FUENTE DE VOLTAJE REGULADA

En la figura 3.12 se muestra el circuito eléctrico de potencia utilizado para la fuente de voltaje regulada.

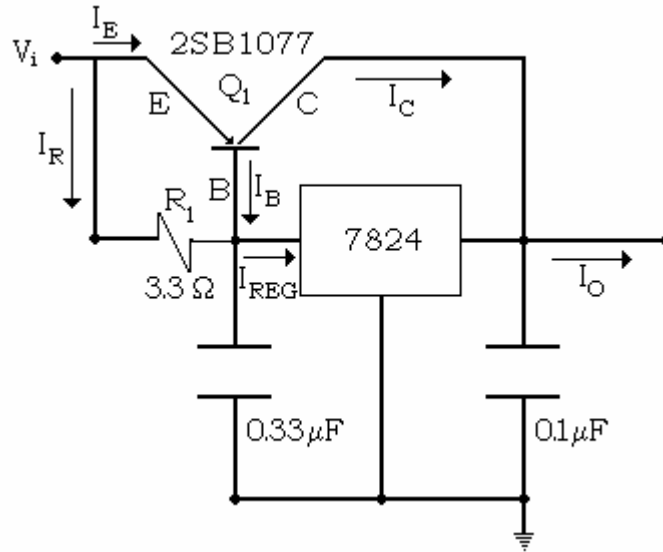


Fig. 3.12 CIRCUITO ELÉCTRICO DE POTENCIA

Los cálculos realizados para este circuito son:

$$V_{EBQ_1} = R_1 \cdot I_{R_1} \qquad I_{R_1} = I_{REG} - I_B \qquad I_B = \frac{I_C}{\beta_{Q_1}}$$

de las ecuaciones anteriores

$$I_{R_1} = I_{REG} - \frac{I_C}{\beta_{Q_1}}$$

$$V_{EBQ_1} = R_1 \cdot \left(I_{REG} - \frac{I_C}{\beta_{Q_1}} \right)$$

$$I_{REG} = 0.4 \text{ A} \qquad I_C = 2.6 \text{ A} \qquad \beta = 1000 \qquad V_{EBQ_1} = 1.4 \text{ V} \qquad I_0 = 3 \text{ A}$$

$$R_1 = \frac{V_{EBQ_1}}{I_{REG} - \frac{I_C}{\beta_{Q_1}}} = \frac{1.4}{0.4 - \frac{2.6}{100}} = 3.52 \Omega$$

Si se coloca la resistencia comercial que es de 3.3Ω , entonces se tiene que:

$$I_0 = I_{REG} + \beta_1 \left(I_{REG} - \frac{V_{EBQ_1}}{R_1} \right)$$

$$I_0 = I_{REG} + \beta_1 * I_{REG} - \beta \left(\frac{V_{EBQ_1}}{R_1} \right)$$

$$I_0 + \beta \left(\frac{V_{EBQ_1}}{R_1} \right) = I_{REG} * (1 + \beta_1)$$

$$I_{REG} = \frac{I_0 + \beta \left(\frac{V_{EBQ_1}}{R_1} \right)}{1 + \beta_1} = \frac{3 + 1000 \left(\frac{1.4}{3.3} \right)}{1 + 1000} = 0.427 \text{ A}$$

de la ecuación

$$V_{EBQ_1} = R_1 \left(I_{REG} - \frac{I_C}{\beta_{Q_1}} \right)$$

$$V_{EBQ_1} = R_1 * I_{REG} - R_1 \left(\frac{I_C}{\beta_{Q_1}} \right)$$

$$R_1 \left(\frac{I_C}{\beta_{Q_1}} \right) = R_1 * I_{REG} - V_{EBQ_1}$$

$$I_C = \frac{R_1 * I_{REG} - V_{EBQ_1}}{\frac{R_1}{\beta_{Q_1}}} = \frac{(3.3 * 0.427) - 1.4}{\frac{3.3}{1000}} = 2.573 \text{ A}$$

∴ con la resistencia de 3.3Ω se tiene que

$$R_1 = 3.3 \Omega \quad I_C = 2.57 \text{ A} \quad I_{REG} = 0.427 \text{ A}$$

En la figura 3.13 se muestra el circuito eléctrico utilizado para el cálculo de los led's:

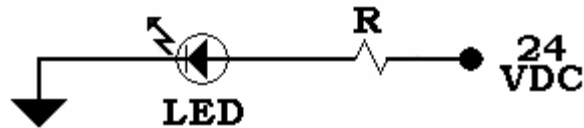


Fig. 3.13 CIRCUITO ELÉCTRICO PARA LOS LED'S

Los cálculos realizados para este circuito son:

$$V = R \cdot I \qquad R = \frac{V}{I} \qquad 24 - V_{LED} - R \cdot I = 0$$

El voltaje del led es de 2 V y la corriente de 15 mA. Despejando de la ecuación anterior

$$R = \frac{24 - V_{LED}}{I}$$

sustituyendo los valores

$$R = \frac{24 - 2}{15 \times 10^{-3}} \approx 1.5 \times 10^3 \Omega$$

el valor comercial de la resistencia utilizada en el circuito de los led's es de 1500 Ω .

**CAPÍTULO IV
PRUEBAS DE
FUNCIONAMIENTO
DEL MÓDULO DE
AUTOMATIZACIÓN**

4.1 PRUEBAS DEL MÓDULO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

Después de que se probaron y conectaron todas las tarjetas y se colocaron todos los componentes tanto del panel frontal del panel trasero se realizaron pruebas dentro del Laboratorio de Electrónica del IF-UNAM para comprobar que el Módulo de Automatización cumpliera con la secuencia en la apertura y cierre de todas las válvulas.

Para poder realizar las pruebas en el Laboratorio de Electrónica, se simularon los sensores, el módulo de la bomba turbo-molecular y de la válvula BLV.

Para simular las válvulas electroneumáticas se utilizaron focos de 100 watt, los cuales encienden con un voltaje de 120 VAC, y se conectaron en la salida de cada una de las válvulas. Se empezó la secuencia para simular que se hacía el vacío dentro de la cámara para lo cual se siguió paso a paso el diagrama de flujo de la secuencia de automatización con lo cual se dio inicio a las pruebas.

En la figura 4.1 se observan los focos que simularon cada una de las válvulas electroneumáticas; cuando un foco estuviera apagado indicaría que la válvula estaba cerrada y cuando encendiera esto equivaldría a la apertura de la válvula correspondiente.

En la realización de estas pruebas se tomaron las mediciones de la corriente del Módulo de Automatización tanto en alterna como en directa para asegurar que la fuente de alimentación suministrara correctamente la alimentación tanto para el módulo como para las válvulas.

En la figura 4.2 se muestra el Módulo de Automatización y en banco de focos utilizado para las pruebas. Dentro de estas pruebas se simularon diversas situaciones que pueden presentarse dentro del proceso real como: fallas en el suministro de energía, un posible corto circuito, fugas de vacío, etc. y se observó que las válvulas (focos) se mantenían cerradas dando protección al sistema de vacío, y de igual manera el interruptor para habilitar las válvulas se mantenía cerrado.

Además dentro de estas pruebas se observó que en los led's se pudieran distinguir bien los colores de cada uno. Después de realizar todas las pruebas y de comprobar que el Módulo de Automatización funcionaba correctamente se decidió realizar las pruebas en el Acelerador de Partículas Peletrón.



Fig. 4.1 FOCOS UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DE LAS VÁLVULAS



Fig. 4.2 PRUEBAS EN EL LABORATORIO

4.2 PRUEBAS DEL MÓDULO EN EL ACELERADOR DE PARTÍCULAS PELETRÓN

Para realizar las pruebas en el Acelerador de Partículas Peletrón fue necesario hacerle algunas modificaciones al módulo ya que las válvulas para las que fue diseñado este módulo de automatización no se encuentran aun instaladas y por lo tanto las pruebas se realizaron en una línea de salida que cuenta con válvulas que se activan con 24 VDC.

Las pruebas realizadas en el Peletrón se hicieron conectando todo el equipo requerido para poder realizar la secuencia de apertura y cierre de las válvulas, después de esto se realizó la secuencia para hacer un vacío de 10^{-8} torr dentro de la cámara y así poder conectar ésta con la línea de salida del haz.

Las mediciones realizadas en estas pruebas fueron tanto de la corriente como del voltaje proporcionado por la fuente de voltaje regulada del Módulo de Automatización de las válvulas; la corriente en alterna resultó de 0.6 (A) y la corriente en directa con estas válvulas fue de 2.6 a 2.7 (A) presentando un pequeño pico al momento de cerrar la válvula BLV.

También se realizaron las pruebas para el proceso de venteo con lo cual se comprobó que el tiempo de retardo para que la válvula VV abra, el cual es de 5 segundos después de que se cierran BLV y PV, es el adecuado para asegurar que ya se puede realizar el proceso de venteo de forma segura.

La secuencia para realizar el vacío en la cámara se realizó varias ocasiones para comprobar que el módulo de automatización realizara correctamente su función en el cierre o apertura de las válvulas de acuerdo a las condiciones que se presentaran y a la etapa del proceso que se estuviera llevando a cabo.

La figura 4.3 muestra la fachada del Laboratorio del Acelerador de Partículas Peletrón, la figura 4.4 muestra los módulos para el manejo de la bomba turbo-molecular y para los sensores, la figura 4.5 muestra el Módulo de Automatización colocado en el gabinete general del sistema, la figura 4.6 muestra la línea de salida donde se realizaron las pruebas del correcto funcionamiento del Módulo de Automatización, la figura 4.7 muestra la figura de una de las válvulas electroneumáticas, la figura 4.8 muestra la cámara donde se realizaron las pruebas al Módulo de Automatización, la figura 4.9 muestra el tanque del Acelerador de Partículas y la figura 4.10 muestra una vista general del laboratorio del Acelerador de Partículas Peletrón.



Fig. 4.3 FACHADA DEL PELETRÓN



Fig. 4.4 MÓDULOS PARA LA BOMBA TURBO-MOLECULAR Y LOS SENSORES



Fig. 4.5 MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN COLOCADO EN EL GABINETE



Fig. 4.6 LÍNEA DE SALIDA DEL PELETRÓN

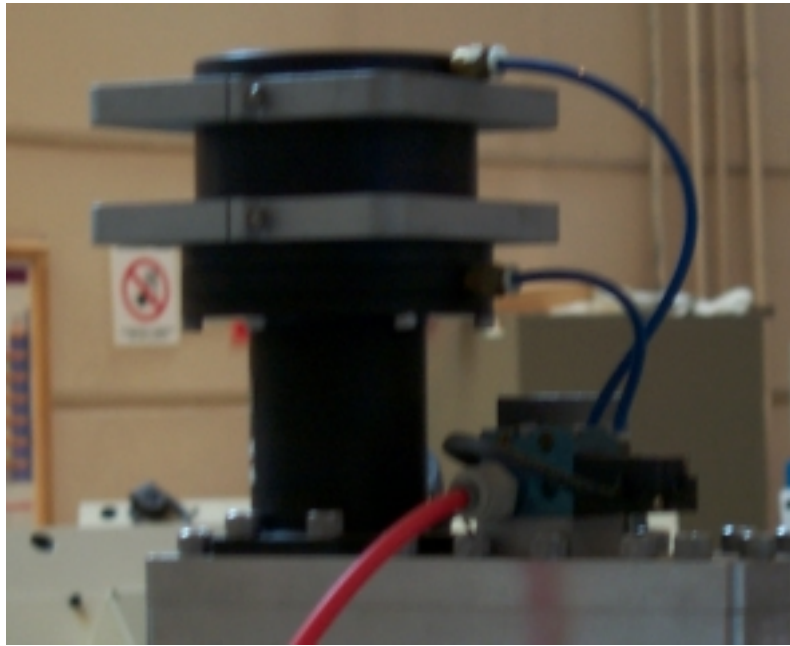


Fig. 4.7 VÁLVULA ELECTRONEUMÁTICA

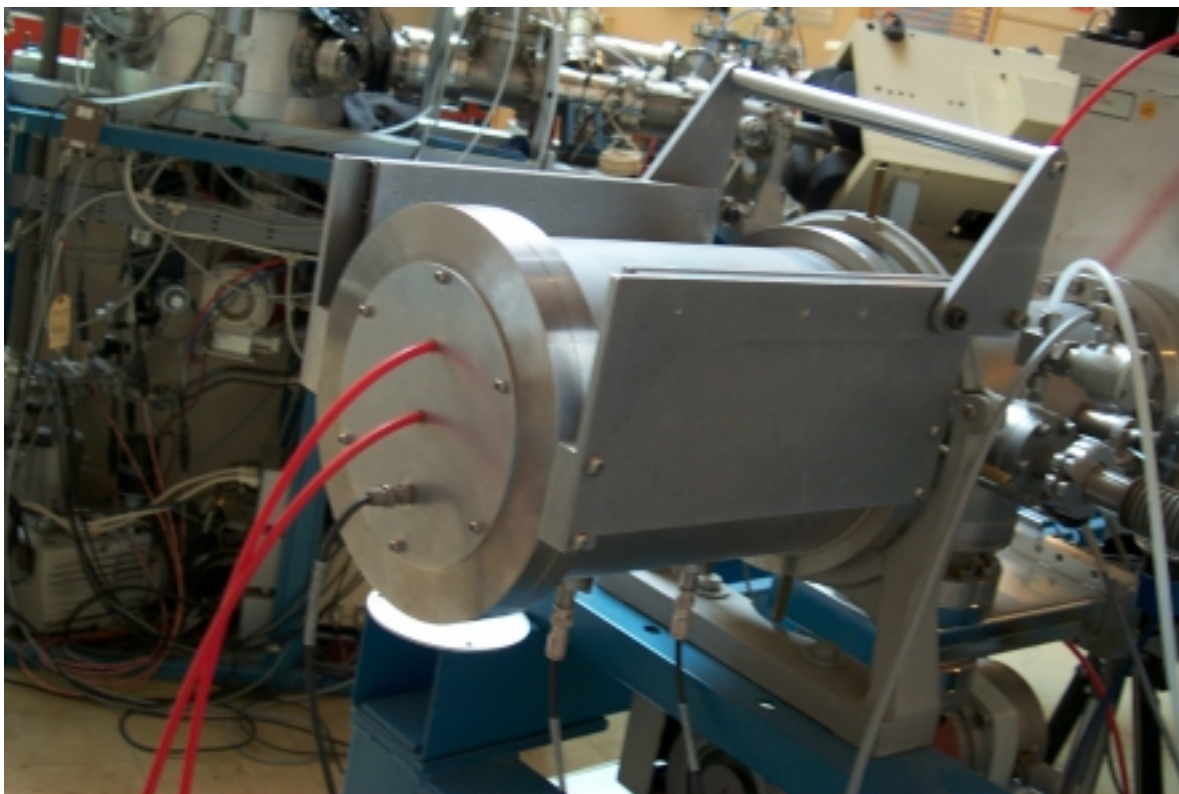


Fig. 4.8 CÁMARA DONDE SE REALIZARON LAS PRUEBAS AL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN



Fig. 4.9 TANQUE DEL PELETRÓN



Fig. 4.10 VISTA GENERAL DEL ACELERADOR DE PARTÍCULAS PELETRÓN

4.3 FOTOGRAFÍAS DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

La figura 4.11 muestra el Módulo de Automatización visto por la parte anterior, la figura 4.12 muestra el Módulo de Automatización visto por la parte posterior, la figura 4.13 muestra el Panel Frontal, la figura 4.14 muestra el Panel Trasero, la figura 4.15 muestra una vista interior del Panel Frontal, la figura 4.16 muestra una vista interior del Panel Trasero, la figura 4.17 muestra la vista superior del Módulo de Automatización, la figura 4.18 muestra una vista de los componentes de la Tarjeta de la Fuente de Voltaje Regulada, la figura 4.19 muestra una vista de los componentes de la Tarjeta 1-4, la figura 4.20 muestra una vista de los componentes de la Tarjeta 2-4, la figura 4.21 muestra una vista de los componentes de la Tarjeta 3-4, la figura 4.22 muestra una vista de los componentes de la Tarjeta 4-4.

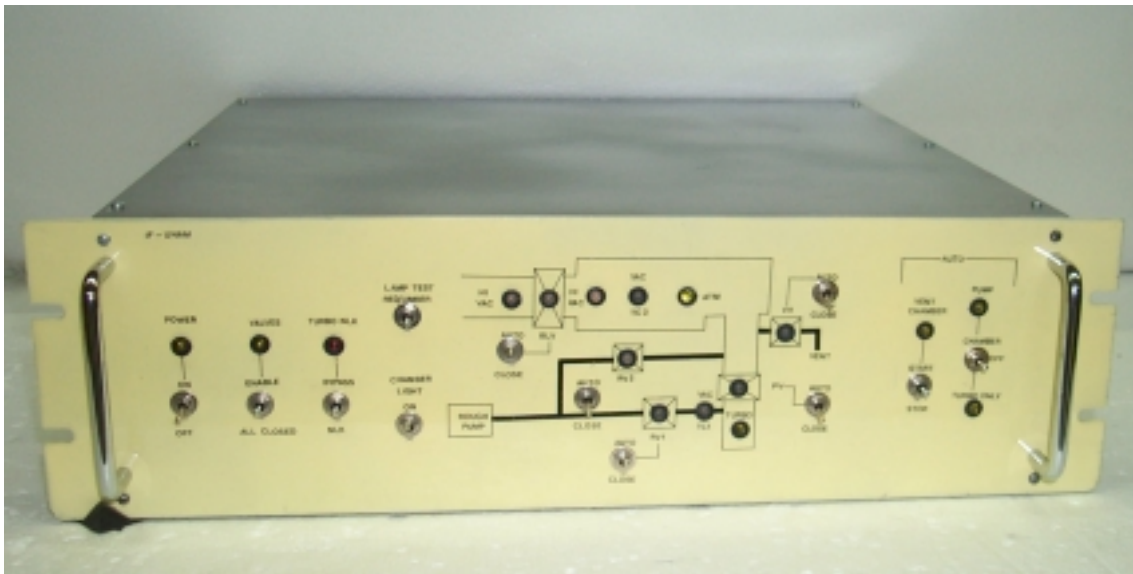


Fig. 4.11 VISTA ANTERIOR DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN



Fig. 4.12 VISTA POSTERIOR DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

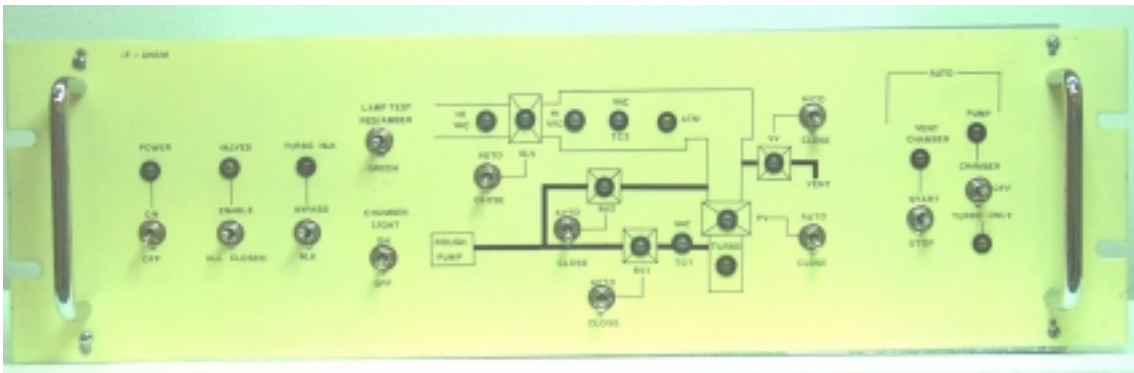


Fig. 4.13 PANEL FRONTAL



Fig. 4.14 PANEL TRASERO



Fig. 4.15 VISTA INTERIOR DEL PANEL FRONTAL



Fig. 4.16 VISTA INTERIOR DEL PANEL TRASERO

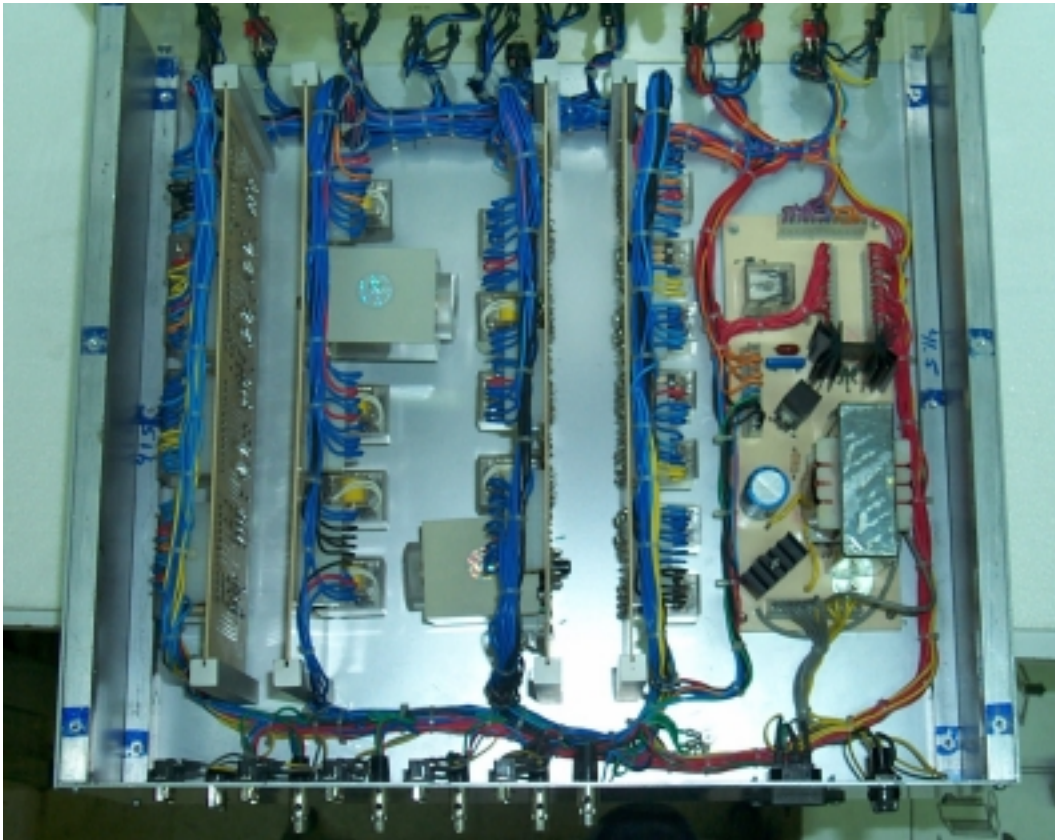


Fig. 4.17 VISTA SUPERIOR DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN



Fig. 4.18 VISTA DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA FUENTE



Fig. 4.19 VISTA DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA 1-4



Fig. 4.20 VISTA DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA 2-4



Fig. 4.21 VISTA DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA 3-4

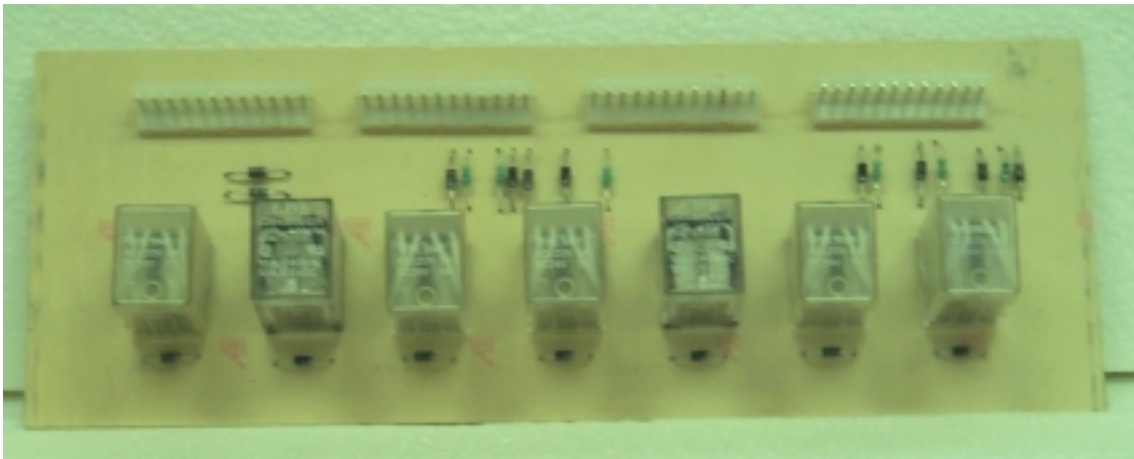


Fig. 4.22 VISTA DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA 4-4

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En la actualidad, la automatización juega un papel muy importante para la ingeniería y las ciencias en general.

La automatización se ha convertido en parte integral tanto de los procesos industriales modernos, como de los procesos de investigación.

Debido a los avances de los sistemas de automatización, éstos brindan cada vez mejores recursos para alcanzar un funcionamiento óptimo, para mejorar la calidad y para bajar los costos de implantación de los mismos.

Con este trabajo de tesis, la implantación del Módulo de Automatización en la cuarta línea de salida del Acelerador de Partículas Peletrón resultó esencial ya que proporciona un gran nivel seguridad y de calidad, y por lo tanto un mayor rendimiento a los procesos operacionales de las válvulas electroneumáticas que proveen un vacío dentro de la cámara de experimentación.

Además, con el Módulo de Automatización se incrementa el ritmo de trabajo de los investigadores, se libera al operador de rutinas complejas y de tareas manuales repetitivas, proporcionando siempre seguridad.

Al finalizar este trabajo de tesis se cumplió con el objetivo por el cual fue propuesto este proyecto. Inicialmente el proyecto de tesis consistía en el diseño y construcción de un solo Módulo de Automatización para las válvulas electroneumáticas de las líneas de salida del Acelerador de Partículas Peletrón, sin embargo, después de probar el correcto funcionamiento de este módulo, en el Laboratorio del Peletrón requirieron dos módulos adicionales, los cuales también se construyeron y probaron dentro de este trabajo de tesis, obteniéndose como resultado tres Módulos de Automatización.

Es importante recordar que el Módulo de Automatización forma parte de todo un sistema y que, de acuerdo al objetivo de esta tesis, se logró cumplir con la automatización de las válvulas.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a los Módulos de Automatización, tanto en el Laboratorio de Electrónica del IF-UNAM como en el Acelerador de Partículas Peletrón fueron satisfactorias ya que los módulos realizaron la secuencia de automatización de forma correcta y segura para la apertura y cierre de las válvulas.

En la figura 5.1 se muestra la línea de salida del Acelerador de Partículas Peletrón que será automatizada y en la cual se colocará uno de los Módulos de Automatización construidos, esto se realizará después de que se termine de probar e instalar el equipo necesario para que comience a funcionar la línea en su totalidad.



Fig. 5.1 LÍNEA DE SALIDA DEL ACELERADOR DE PARTÍCULAS PELETRÓN DONDE SE INSTALARÁ EL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

En la figura 5.2 se muestra la cámara de experimentación de la línea de salida del Acelerador de Partículas Peletrón que será automatizada y en la cual se colocará uno de los Módulos de Automatización.

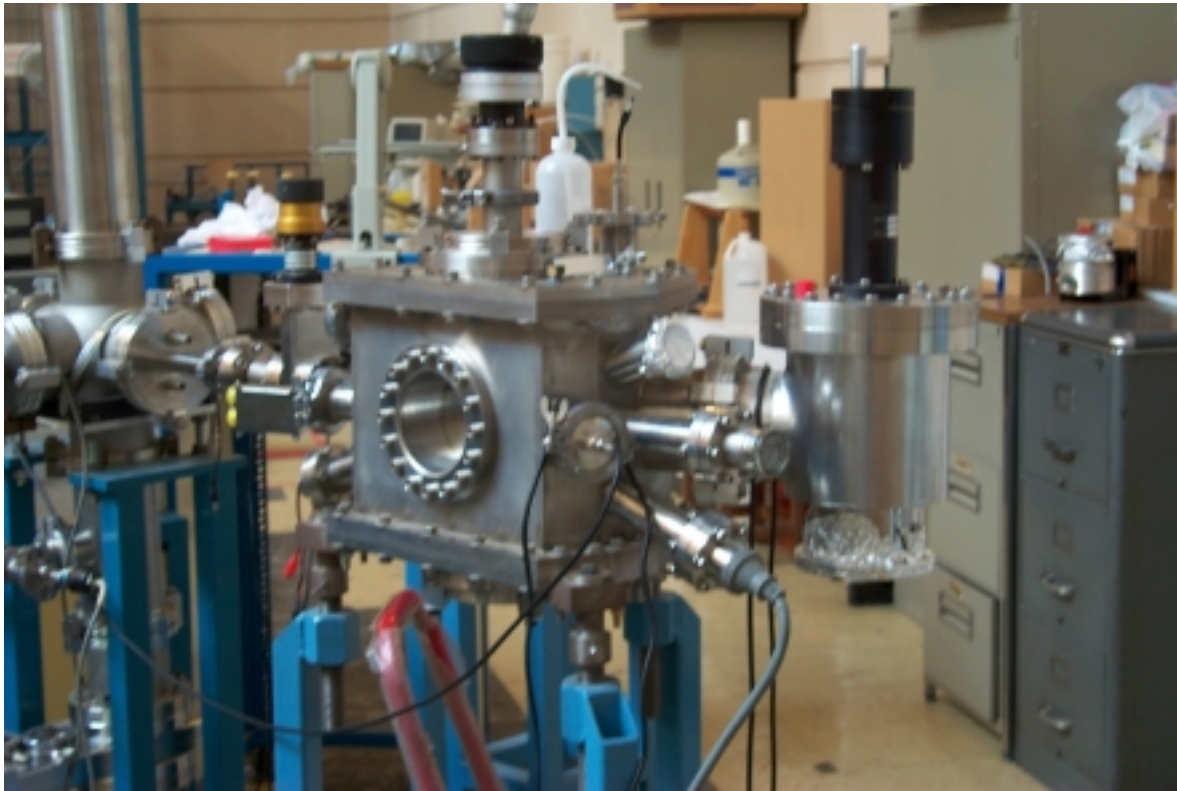


Fig. 5.2 CÁMARA DE EXPERIMENTACIÓN DONDE SE COLOCARÁ UNO DE LOS MÓDULOS DE AUTOMATIZACIÓN

En la figura 5.3 se muestran los tres Módulos de Automatización que fueron construidos para este trabajo de tesis. Uno de los Módulos de Automatización será colocado en la línea de salida del Acelerador de Partículas Peletrón que actualmente se maneja de forma manual. Los otros dos Módulos de Automatización se utilizarán para otras dos cámaras de experimentación que se implantarán en un futuro.



Fig. 5.3 MÓDULOS DE AUTOMATIZACIÓN PARA LAS VÁLVULAS ELECTRONEUMÁTICAS DE LA LÍNEA DE SALIDA DEL PELETRÓN QUE FUERON CONSTRUÍDOS

BIBLIOGRAFÍA

- Enciclopedia Encarta 2002
Microsoft Corporation
- Enciclopedia Salvat Multimedia 2002
Salvat Editores, S.A.
- National Semiconductor
National Power IC'S Databook
2002
- Boylestad, Robert L. & Nashelsky, Louis
Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos
Prentice Hall
- Malvino, Albert Paul
Principios de Electrónica
McGraw - Hill
- Suárez, Maciel
Fuentes de Alimentación
Limusa.
- Turbo Pump Station Controller
Instruction Manual
National Electrostatic Corp.
- Vacuum Gauge Controller
Instruction Manual
National Electrostatic Corp.

-
- Odent, Bernard
Microcontroladores
Paraninfo
 - Orduña Huertas, Juan Manuel
Arquitectura y programación de microcontroladores
Universidad de Valencia
 - Bitter, Pack
LabVIEW: Advanced programming techniques
CRC
 - Pallas Arcay, Ramón
Transductores y acondicionadores de señal
Marcombo

REFERENCIAS EN INTERNET

www.semi.harris.com

www.national.com

www.ecgproducts.com

www.electricdevices.com

www.icmaster.com

www.ag-electronica.com

www.ulcsa.com

APÉNDICES

APÉNDICE 1 MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

- **ÍNDICE.**

- I. Descripción General.
- II. Especificaciones.
- III. Instalación y Conexiones.
- IV. Operación.
 - A. Panel. Frontal
 - B. Modos Automáticos de Operación.
 - C. Instrucciones de Operación.
- V. Diagramas Eléctricos y Documentación.

Este manual está dividido en cinco secciones:

- La sección I contiene una breve introducción.
- La sección II lista las especificaciones del equipo.
- La sección III contiene información de la instalación.
- La sección IV describe el panel frontal, los modos automáticos de operación y las instrucciones de operación.
- La sección V contiene los diagramas de los circuitos eléctricos y la documentación del módulo de automatización.

• I. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El módulo automatiza la manipulación de las válvulas electroneumáticas que proveen un vacío a la cámara de experimentación del Acelerador de Partículas Peletrón y previene accidentes de vacío causados por errores de operación o fallas en el suministro de energía eléctrica.

El módulo utiliza relevadores electromagnéticos, los cuales determinan la posición (abierta o cerrada) de las cinco válvulas en el sistema. El módulo recibe como entrada las señales de los sensores al llegar a su respectivo nivel de referencia. Estas señales y la posición de los interruptores en el panel frontal determinan cuando una válvula debe estar abierta o cerrada. La posición de las válvulas y las condiciones de vacío se indican claramente mediante led's (acrónimo de Light Emitting Diode, en español Diodo Emisor de Luz).

El Módulo de Automatización cierra o asegura las posiciones de las válvulas y las condiciones de vacío para prevenir daños al sistema. El Módulo de Automatización quita al operador una gran carga de instrucciones repetitivas y proporciona condiciones de seguridad.

El módulo está diseñado de tal manera que es sencillo para el operador familiarizarse rápidamente con el equipo y por lo tanto con el panel frontal del Módulo de Automatización.

A pesar de la gran protección proporcionada por el módulo, el operador debe seguir tomando consideraciones de seguridad cuando opere el sistema.

• II. ESPECIFICACIONES.

Automatización de las cinco válvulas del sistema

1. Válvula de la Línea del Haz (BLV)
2. Válvula de la Bomba Turbo-Molecular (PV)
3. Válvula Mecánica 1 (RV1)
4. Válvula Mecánica 2 (RV2)
5. Válvula de Venteo (VV)

Modos automáticos de operación

1. Línea del haz dentro de la cámara
2. Venteo de la cámara
3. Prevacío en la cámara
4. Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular

Tamaño

Unidad montable estándar
48.5 x 41.0 x 13.5 [cm]

Voltaje de entrada AC

110 a 127 VAC, 60 Hz

Fusible de la alimentación de AC

1[A] a 120 VAC

Automatización de las válvulas (cerrado / abierto)

127 VAC de salida nominal, voltaje aplicado en la apertura de las válvulas

1. BLV
2. PV
3. RV1
4. RV2
5. VV

Luz de la cámara

24 VDC de salida

Sensores de referencia de vacío

1. Alto vacío de la línea (HI VAC)
2. Alto vacío de la cámara (HI VAC)
3. Prevacío de la sección de la bomba turbo-molecular (TC1)
4. Prevacío de la cámara (TC2)
5. Presión Atmosférica en la cámara (ATM)

• III. INSTALACIÓN Y CONEXIONES.

El módulo de automatización debe ser instalado cerca del sistema general. Usando los cables y conectores apropiados, se realizan las conexiones de la unidad como sigue:

A. Alimentación de AC.

El módulo de automatización opera a 120 VAC (60 Hz). La unidad requiere un fusible de 1[A] a 120 VAC. Se conectará el equipo a un tomacorriente aterrizado. Los cables de alimentación de AC tienen el siguiente código de colores:

Color	Función
Blanco	Línea
Negro	Neutro
Verde	Tierra

PRECAUCIÓN: NO OPERE EL MÓDULO DE VACÍO SIN UNA CORRECTA CONEXIÓN DE TIERRA FÍSICA.

B. Conector de la Válvula de la Línea del Haz BLV (E1).

Conector de la válvula de la línea del haz (E1)	Función en la válvula
Pin 1	Línea
Pin 6	Neutro

C. Conector de la Válvula de la Bomba Turbo-Molecular PV (E2).

Conector de la válvula de la bomba (E2)	Función en la válvula
Pin 1	Línea
Pin 6	Neutro

D. Conector de la Válvula Mecánica 1 RV1 (E3).

Conector de la válvula mecánica 1 (E3)	Función en la válvula
Pin 1	Línea
Pin 6	Neutro

E. Conector de la Válvula Mecánica 2 RV2 (E4).

Conector de la válvula mecánica 2 (E4)	Función en la válvula
Pin 1	Línea
Pin 6	Neutro

F. Conector de la Válvula de Venteo VV (E5).

Conector de la válvula de venteo (E5)	Función en la válvula
Pin 1	Línea
Pin 6	Neutro

G. Conector de la Luz de la Cámara (E6).

Conector de la luz de la cámara (E6)	Función
Pin 1	Salida 24 VDC
Pin 2	Neutro
Pin 3	Tierra física conectada al chasis

H. Conector del Sensor en la Cámara Ion-Gauge - Termopar (E7).

Conector del sensor en la cámara Ion-Gauge - Termopar (E7)	Función
Pin 1	Entrada de la lectura de TC1 en la bomba mecánica de vacío
Pin 6	Salida de la lectura de TC1 en la bomba mecánica de vacío
Pin 2	Entrada de la lectura de TC2 en la cámara de vacío
Pin 7	Salida de la lectura de TC2 en la cámara de vacío
Pin 5	Tierra física conectada al chasis

I. Conector del Sensor en la Cámara Ion-Gauge - Ion-Gauge (E8).

Conector del sensor en la cámara Ion Gauge-Ion Gauge (E8)	Función
Pin 1	Entrada de la lectura en la cámara de alto vacío
Pin 2	Salida de la lectura en la cámara de alto vacío
Pin 3	Tierra física conectada al chasis

J. Conector del Sensor de la Línea del Haz Ion-Gauge - Ion-Gauge (E9).

Conector de la línea del haz Ion Gauge-Ion Gauge (E9)	Función
Pin 1	Entrada de la lectura en la línea del haz de alto vacío
Pin 2	Salida de la lectura en la línea del haz de alto vacío
Pin 3	Tierra física conectada al chasis

K. Conector del Sensor de Presión Atmosférica (E10).

Conector del sensor de presión atmosférica (E10)	Función
Pin 1	Entrada de la lectura de presión atmosférica en la cámara
Pin 2	Salida de la lectura de presión atmosférica en la cámara
Pin 3	Tierra física conectada al chasis

L. Conector de Encendido de la Bomba Turbo-Molecular (E11).

Conector de encendido de la bomba turbo-molecular (E11)	Función
Pin 1	Entrada lectura de la bomba turbo
Pin 2	Salida lectura de la bomba turbo
Pin 3	Tierra física conectada al chasis

• IV. OPERACIÓN

A. Panel Frontal.

La figura A1-1 muestra el Panel Frontal del módulo de automatización. En la figura se observa que los rótulos están en inglés, esto se realizó de este modo a solicitud de los investigadores, debido a la compatibilidad y uniformidad con los demás equipos.

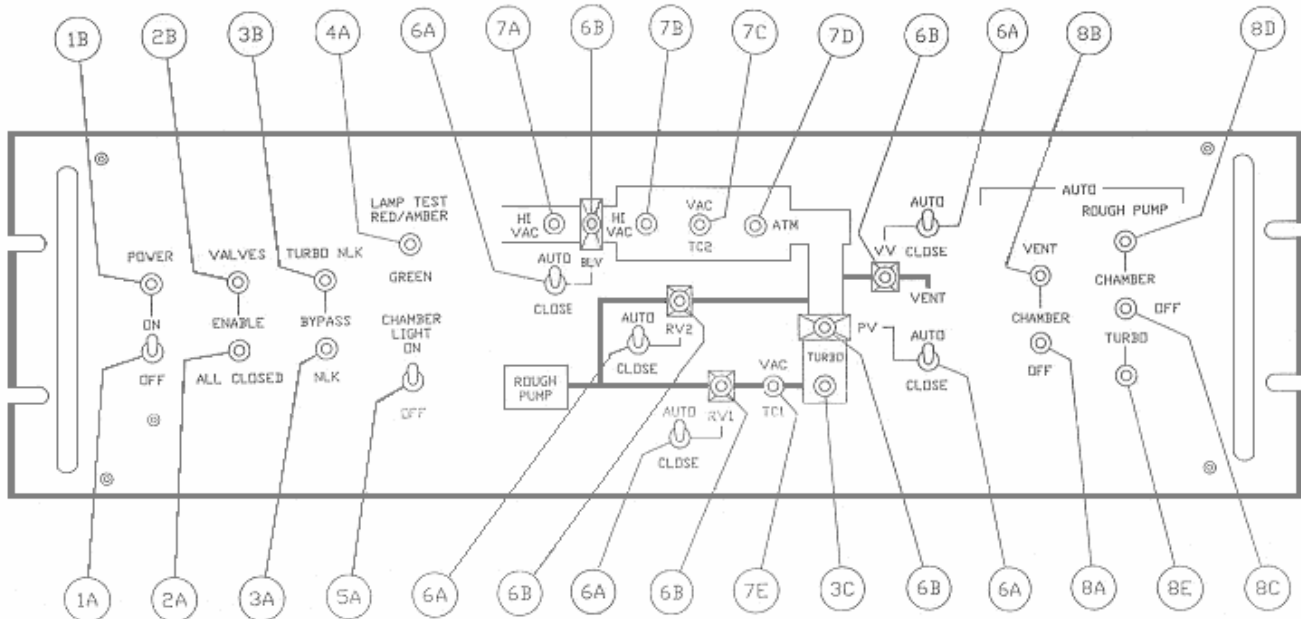


Fig. A1-1 PANEL FRONTAL

Glosario del Panel Frontal e Indicadores.

Power	Alimentación
On	Encendido
Off	Apagado
Valves	Válvulas
Enable	Habilitar
All Closed	Todas Cerradas
Bypass	Desvío
Lamp Test	Prueba de Led's
Red / Amber	Rojo / Ámbar
Green	Verde
Chamber Light	Luz de la Cámara
Rough Pump	Bomba Mecánica
Auto	Automático
Close	Cerrada
Hi Vac	Alto Vacío
Vent	Ventear
Chamber	Cámara
Turbo	Bomba Turbo-molecular
Start	Inicio
Stop	Alto

El funcionamiento del panel frontal y los indicadores del módulo de automatización se describen a continuación.

1. Sección de Encendido

a. Interruptor de encendido

El interruptor maneja el voltaje de alimentación de AC del módulo de automatización y el voltaje de DC de los led's indicadores de estado, así como el de las cinco válvulas.

b. Led de encendido

El led indicador (ámbar) estará encendido cuando el sistema de control esté energizado.

2. Sección de habilitación de válvulas

a. Interruptor de habilitación de válvulas

El interruptor habilita las cinco válvulas cuando se coloca hacia HABILITAR VÁLVULAS. Este es un interruptor momentáneo que regresa a la posición central una vez habilitadas. Las válvulas se deshabilitan cuando el voltaje se pierde o hasta que el interruptor sea cambiado a TODAS CERRADAS, en cuyo caso todas las válvulas se cerrarán.

-
- b. Led de habilitación de válvulas
El led indicador (ámbar) estará encendido cuando las válvulas estén habilitadas.
- 3. Sección turbo
 - a. Interruptor TURBO NLK BYPASS
El interruptor realiza un desvío cuando se mueve hacia la posición de BYPASS y permite que RV1 esté abierta mientras que la bomba turbo-molecular no esté operando a toda velocidad. Una vez que la bomba turbo-molecular pase de cierta velocidad, el desvío automáticamente será cancelado si no es requerido.
 - b. Led TURBO NLK BYPASS
El led indicador (rojo) estará encendido cuando la bomba turbo-molecular está realizando un desvío.
 - c. Led TURBO
El indicador (ámbar) estará encendido cuando la bomba turbo-molecular está operando a toda velocidad.
- 4. Sección de prueba de led´s
 - a. Interruptor de prueba de led´s
Para probar todos los led´s rojos/ámbar mueva el interruptor hacia arriba y verifique que todos los led´s rojos/ámbar enciendan. Si alguno de ellos no enciende deberá ser reemplazado.
Para probar todos los led´s verdes mueva el interruptor hacia abajo y verifique que todos los led´s verdes enciendan. Si alguno de ellos no enciende deberá ser reemplazado. Mientras que el interruptor se encuentre en la posición central estará APAGADO.
- 5. Sección de luz de la cámara
 - a. Interruptor de la luz de la cámara
Moviendo el interruptor a ENCENDIDO se prende la luz dentro de la cámara para propósitos de visión. Esta luz puede regresar a APAGADO cuando no sea requerida.
- 6. Sección de válvulas
Cinco válvulas son manejadas por el Módulo de Automatización, éstas son:

Válvula de la Línea del Haz - (BLV)
Válvula de la Bomba Turbo-Molecular - (PV)
Válvula de Venteo - (VV)
Válvula Mecánica 1 - (RV1)
Válvula Mecánica 2 - (RV2)

-
- a. Interruptor de las válvulas
Moviendo el interruptor de cada una de las válvulas hacia CERRADO mantendrá la válvula cerrada o la cerrará si ha sido previamente abierta. Moviendo el interruptor hacia AUTO abrirá o cerrará la válvula dependiendo de las condiciones de vacío y el modo automático de operación seleccionado por el operador.
 - b. Led de estado de las válvulas.
Cada válvula está asociada con un led bicolor como es indicado en el diagrama del panel frontal. La válvula en posición ABIERTA es indicada con el led en color verde y la válvula en posición CERRADA es indicada con el led en color rojo.
7. Sección de indicadores de estado de vacío
- Las condiciones de vacío son monitoreadas en cinco puntos dentro de la cámara y en la línea. Estas condiciones representan el estado de los sensores asociados con los niveles de referencia de vacío.
- a. Led de alto vacío en la línea (HI VAC)
El led bicolor encenderá en color verde cuando se alcance el vacío establecido en el nivel de referencia. Cuando el led esté encendido en color rojo indicará que no se ha alcanzado el nivel de referencia.
 - b. Led de alto vacío en la cámara (HI VAC)
El led bicolor encenderá en color verde cuando se alcance el vacío establecido en el nivel de referencia. Cuando el led esté encendido en color rojo indicará que no se ha alcanzado el nivel de referencia.
 - c. Led de prevacío en la cámara (TC2)
El led bicolor encenderá en color verde cuando se alcance el vacío establecido en el nivel de referencia. Cuando el led esté encendido en color rojo indicará que no se ha alcanzado el nivel de referencia.
 - d. Led de presión atmosférica en la cámara (ATM)
El led (ámbar) estará encendido cuando la cámara se encuentre a presión atmosférica. Este estado nos proporciona una lectura del sensor de presión atmosférica localizado en la cámara.
 - e. Led de prevacío de la línea que conecta con la bomba turbomolecular (TC1)
El led bicolor encenderá en color verde cuando se alcance el vacío establecido en el nivel de referencia. Cuando el led esté encendido en color rojo indicará que no se ha alcanzado el nivel de referencia.
8. Sección de función automatizada
- Existen dos interruptores en el módulo para manipular los modos automáticos de operación. En general, cuando utilizamos estos interruptores todas las válvulas deberán estar en la posición AUTO.

-
- a. Interruptor de Venteo de la Cámara
Al mover este interruptor a la posición VENTEAR se inicia la secuencia de venteo en la cámara. El operador deberá mover el interruptor hasta que el led encienda en ámbar, indicando que el proceso de venteo ha comenzado. El temporizador estará operando el tiempo que tarda BLV y PV en cerrar y VV en abrir. La operación de venteo de la cámara termina automáticamente cuando la presión en la cámara alcance la presión atmosférica. De otro modo, la operación de venteo puede ser terminada manualmente colocando el interruptor VENTEAR en la posición APAGADO.
 - b. Led de Venteo de la Cámara
El led (ámbar) estará encendido cuando la válvula de venteo VV esté abierta y el venteo en la cámara esté ocurriendo.
 - c. Interruptor de la Bomba Mecánica.
Este es un interruptor de tres posiciones que permanecerá en una posición hasta que manualmente sea cambiado hacia otra. Este interruptor determina donde trabajará la bomba mecánica. Al colocarlo hacia CÁMARA se conectará a través de RV2 con la cámara de experimentación. Cambiando este interruptor hacia TURBO se conectará a través de RV1 con la bomba turbo-molecular hacia la cámara de experimentación. Colocando el interruptor hacia APAGADO serán cerradas ambas válvulas (RV1 y RV2).
 - d. Led de la Bomba Mecánica – Cámara.
El led indicador (ámbar) estará encendido cuando RV2 esté abierta y la bomba mecánica esté trabajando en la cámara.
 - e. Led de la Bomba Mecánica – Turbo-Molecular.
El led indicador (ámbar) estará encendido cuando RV1 esté abierta y, junto con la bomba turbo-molecular, la bomba mecánica esté trabajando en la cámara.

B. Modos Automáticos de Operación.

Existen cuatro modos automáticos de operación para el módulo de automatización, estos son:

1. Línea del haz dentro de la cámara
2. Venteo de la cámara
3. Prevación en la cámara
4. Prevación en la sección de la bomba turbo-molecular

1. Línea del haz dentro de la cámara.

El propósito de este modo automático de operación es el de abrir BLV hacia la línea del haz para comenzar con el experimento. Esto se realizará siempre y cuando PV esté abierta y la bomba turbo-molecular mantenga las condiciones de alto vacío en la cámara. Este es el modo normal o estándar de los modos automáticos de operación.

- a. En general, los interruptores de las válvulas deberán estar en la posición AUTO. En algunos casos el operador requerirá que estas válvulas permanezcan cerradas hasta que los niveles y las condiciones de vacío sean adecuadas y hasta este momento las válvulas serán abiertas. La posición de los interruptores en este modo automático de operación (**Línea del haz dentro de la cámara**) son:
 1. BLV AUTO
 2. PV AUTO
 3. VV AUTO o CERRADA
 4. RV1 AUTO
 5. RV2 AUTO o CERRADA
- b. Las siguientes condiciones deberán cumplirse para el modo automático de operación **Línea del haz dentro de la cámara**:
 1. RV1 ABIERTA
 2. RV2 CERRADA
 3. Presión en la línea del haz < Nivel de referencia Ion-Gauge
 4. Presión en la cámara < Nivel de referencia Ion-Gauge
 5. Presión en la bomba turbo < Nivel de referencia de TC1
- c. El modo **Línea del haz dentro de la cámara** es el modo de operación automático estándar, por lo que no se requiere un interruptor específico para iniciar la secuencia. Mientras que la bomba turbo-molecular cuente con el apoyo de la bomba mecánica, el interruptor de BOMBA MECÁNICA estará colocado hacia la posición TURBO y RV1 estará abierta. La válvula BLV se abrirá automáticamente cuando se alcance el vacío establecido en el nivel de referencia, y no sea seleccionado otro modo automático de operación.
- d. Durante el modo de operación **Línea del haz dentro de la cámara** las válvulas deberán estar en la siguiente posición:
 1. BLV ABIERTA
 2. PV ABIERTA
 3. VV CERRADA
 4. RV1 ABIERTA
 5. RV2 CERRADA

-
- e. En el modo **Línea del haz dentro de la cámara** la operación continúa indefinidamente y requiere la intervención del operador para terminarla. Seleccionando otro modo automático de operación o cambiando el interruptor de BLV a CERRADO terminará el modo de operación **Línea del haz dentro de la cámara**. Una vez completada la secuencia del otro modo seleccionado, el módulo de automatización regresará al modo de operación **Línea del haz dentro de la cámara**, asumiendo que las condiciones de los interruptores de las válvulas son los que se determinaron en el punto **a** y que se cumplen las condiciones determinadas en el punto **b**.

2. Venteo de la cámara.

El propósito de este modo automático de operación es el de ventear la cámara hasta obtener dentro de ella una presión atmosférica.

- a. En general, los interruptores de las válvulas deberán estar en la posición AUTO. En algunos casos el operador requerirá que estas válvulas permanezcan cerradas hasta que los niveles y las condiciones de vacío sean adecuadas y hasta este momento las válvulas serán abiertas. La posición de los interruptores en este modo automático de operación (**Venteo de la cámara**) son:
1. BLV AUTO o CERRADA
 2. PV AUTO o CERRADA
 3. VV AUTO
 4. RV1 AUTO
 5. RV2 AUTO o CERRADA
- b. Las siguientes condiciones deberán cumplirse para el modo automático de operación **Venteo de la cámara**:
1. RV2 CERRADA
 2. Presión en la cámara < Nivel de referencia atmosférico
- c. Para iniciar la secuencia de **Venteo de la cámara**, el interruptor momentáneo de VENTEAR CÁMARA se colocará manualmente hacia VENTEAR y se esperará hasta que el led ámbar encienda, indicando que el proceso de venteo ha comenzado. El retardo observado en este proceso es para dar tiempo a que BLV y PV se cierren y posteriormente VV se abra.
- c. Durante el modo de operación **Venteo de la cámara** las válvulas deberán estar en la siguiente posición:

-
1. BLV CERRADA
 2. PV CERRADA
 3. VV ABIERTA
 4. RV1 ABIERTA o CERRADA
 5. RV2 CERRADA
- e. El modo de operación **Venteo de la cámara** termina automáticamente cuando la presión en la cámara alcanza el nivel de referencia atmosférico. De otro modo, la operación de venteo puede ser terminada manualmente colocando el interruptor VENTEAR CÁMARA hacia APAGADO. Después de que la operación de venteo ha terminado, la válvula VV cerrará automáticamente.

3. Prevacío en la cámara

El propósito de este modo automático de operación es el de establecer un prevacío dentro de la cámara. El vacío en la cámara debe ser igual al nivel de referencia de TC2. Si durante esta parte de la secuencia no existe un prevacío de la línea que conecta con la bomba turbo-molecular, la bomba mecánica lo realizará y una vez que sea el adecuado al nivel de referencia, el sistema de control automáticamente regresará hacia la cámara.

- a. En general, los interruptores de las válvulas deberán estar en la posición AUTO. En algunos casos el operador requerirá que estas válvulas permanezcan cerradas hasta que los niveles y las condiciones de vacío sean adecuadas y hasta este momento las válvulas deberán ser abiertas. La posición de los interruptores en este modo automático de operación (**Prevacío en la cámara**) son:
 1. BLV AUTO o CERRADA
 2. PV AUTO
 3. VV AUTO o CERRADA
 4. RV1 AUTO
 5. RV2 AUTO
- b. Las siguientes condiciones deberán cumplirse para el modo automático de operación **Prevacío de la cámara**:
 1. RV1 CERRADA
 2. VV CERRADA
 3. Presión en la turbo < Nivel de referencia de TC1
 4. Presión en la cámara > Nivel de referencia de TC2
 5. Turbo NLK o Turbo BYPASS ENCENDIDO

-
- c. Para iniciar la secuencia del modo **Prevacío de la cámara**, el interruptor de BOMBA MECÁNICA estará colocado hacia la posición CÁMARA. La válvula BLV deberá estar cerrada y RV2 deberá estar abierta. De este modo cuando el led encienda en color ámbar indicará que la secuencia está lista.
- d. Durante el modo de operación **Prevacío de la cámara** las válvulas deberán estar en la siguiente posición:
1. BLV CERRADA
 2. PV CERRADA
ABIERTA (Presión en la cámara = Nivel de referencia de TC2)
 3. VV CERRADA
 4. RV1 CERRADA
 5. RV2 ABIERTA
CERRADA (Presión en la cámara = Nivel de referencia de TC2)
- e. El modo automático de operación **Prevacío de la cámara** terminará de la siguiente manera. Una vez que en la cámara exista un vacío mecánico igual al nivel de referencia de TC2, la válvula PV será abierta. En este punto RV2 se cerrará y RV1 se abrirá tres segundos después, conectando la bomba mecánica hacia la bomba turbo-molecular. Si el operador quiere prevenir que la bomba mecánica apoye automáticamente a la bomba turbo-molecular a través de RV1, el interruptor de RV1 deberá permanecer CERRADO. En algunas ocasiones, la secuencia **Prevacío de la cámara** puede ser terminada manualmente colocando el interruptor de BOMBA MECÁNICA en APAGADO.

4.Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular

El propósito de este modo automático de operación es el de establecer y mantener un vacío mecánico en la sección de la bomba turbo-molecular, así como con la misma bomba. Con esto se puede asumir que existe el nivel de referencia vacío adecuado en la cámara.

- a. En general, los interruptores de las válvulas deberán estar en la posición AUTO. En algunos casos el operador requerirá que estas válvulas permanezcan cerradas hasta que los niveles y las condiciones de vacío sean adecuadas y hasta este momento las válvulas deberán ser abiertas. La posición de los interruptores en este modo automático de operación (**Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular**) son:

-
1. BLV AUTO o CERRADA
 2. PV AUTO
 3. VV AUTO o CERRADA
 4. RV1 AUTO
 5. RV2 AUTO o CERRADA
- b. Las siguientes condiciones deberán cumplirse para el modo automático de operación **Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular**:
1. RV2 CERRADA
 2. Turbo NLK o Turbo BYPASS ENCENDIDO
- c. Para iniciar la secuencia del modo **Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular**, el interruptor de BOMBA MECÁNICA estará colocado hacia la posición TURBO. La válvula RV1 abrirá después de tres segundos de retraso, conectando la bomba mecánica a la bomba turbo-molecular. Después de que el vacío en la sección de la bomba turbo-molecular alcance el nivel de referencia de TC1, la válvula PV abrirá (se asumirá que la presión en la cámara < Nivel de referencia de TC2). La bomba turbo-molecular ahora podrá ser conectada hacia la cámara para comenzar a realizar el alto vacío dentro de ella.
- d. Durante el modo de operación **Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular** las válvulas deberán estar en la siguiente posición:
1. BLV CERRADA
 2. PV CERRADA
ABIERTA (Presión en la turbo < Nivel de referencia de TC1 y
Presión en la cámara < Nivel de referencia de TC2)
 3. VV CERRADA
 4. RV1 ABIERTA
 5. RV2 CERRADA
- e. El modo automático de operación **Prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular** continuará indefinidamente y seguirá suministrando un vacío mecánico continuo a la bomba turbo-molecular. Si el interruptor de la válvula BLV se encuentra en AUTO, una vez que en la cámara se alcance el nivel de referencia Ion-Gauge de alto vacío, el módulo automáticamente pasará al modo automático de operación **Línea del haz dentro de la cámara** (asumiendo que se cumple con el nivel de referencia Ion-Gauge de alto vacío dentro de la línea del haz).

C. Instrucciones de Operación.

1. Inicio del módulo de automatización.

- a. Lea los manuales de las bombas.
- b. Asegúrese que todos los cables estén conectados correctamente.
- c. Asegúrese que BLV, PV, VV, RV1 y RV2 estén cerradas y que los interruptores de las válvulas se encuentren CERRADOS.
- d. Verifique que todos los interruptores se encuentren APAGADOS o CERRADOS.
- e. El proceso del módulo de automatización comienza al encender el módulo, el interruptor de alimentación se colocará en la posición ENCENDIDO y el led ámbar se encenderá. Utilice el interruptor PRUEBA DE LED'S para probar el buen funcionamiento de todos los led's del panel, de este modo se asegurará que todas las lecturas de estado son correctas.
- f. Coloque el interruptor que habilita las válvulas hacia la posición de HABILITAR y el led ámbar se encenderá. Los interruptores de las cinco válvulas (RV1, RV2, PV, BLV, VV) se colocaran hacia la posición AUTO, todas las válvulas permanecerán cerradas.
- g. Encienda la bomba mecánica.
- h. Coloque el interruptor de la BOMBA MECÁNICA hacia la posición de TURBO.
- i. Coloque el interruptor TURBO NLK hacia la posición BYPASS. Automáticamente abrirá RV1 y el led de RV1 cambiará de rojo a verde.
- j. Verifique que el módulo de la bomba turbo-molecular esté encendido. A partir de este momento se comenzará a realizar un prevacío de 10^{-3} torr en la sección de la bomba turbo-molecular.
- k. Cuando el led de TC1 cambie de rojo a verde, indicará que se ha alcanzado el nivel de referencia de TC1 y que existe un prevacío en la sección de la bomba turbo-molecular, por lo que se deberá encender ésta bomba.
- l. Coloque el interruptor de la BOMBA MECÁNICA hacia CÁMARA, con lo cual quedará abierto el paso hacia la cámara y automáticamente se cerrará RV1 y se abrirá RV2; con este paso se procederá ahora a realizar un prevacío de 10^{-3} torr dentro de la cámara para posteriormente conectar la bomba turbo-molecular, la cual realizará un alto vacío dentro de ésta. RV1 y RV2 nunca deberán abrir al mismo tiempo. Una vez que TC2 alcance su nivel de referencia, el led de TC2 cambiará de rojo a verde y automáticamente se cerrará RV2, se abrirá PV y abrirá nuevamente RV1.

-
- m. Coloque el interruptor de la BOMBA MECÁNICA hacia la posición TURBO.
 - n. Cuando el sensor de alto vacío Ion-Gauge alcance su nivel de referencia (10^{-7} o 10^{-8} torr), el led de HI-VAC cambiará de rojo a verde y automáticamente abrirá BLV. Las válvulas que se encontrarán abiertas son RV1, PV y BLV, las que se encontrarán cerradas serán RV2 y VV; con este proceso se conectará la cámara directamente hacia la línea del haz para comenzar con la experimentación.

2. Venteo de la cámara.

- a. Una vez que el experimento ha terminado y se requiera abrir la cámara, se deberá ventear. Coloque el interruptor de VENTEAR hacia la posición CÁMARA, con esto, automáticamente se cerrarán BLV y PV y después de 5 segundos se abrirá VV y el led de VENTEAR CÁMARA encenderá, los led's de TC2 y HI-VAC cambiarán de verde a rojo. Cuando dentro de la cámara se alcance el nivel de presión atmosférica, pasarán 5 segundos y el led ATM encenderá, se cerrará VV, el led de VV cambiará de verde a rojo, en este momento podrá ser abierta la cámara.
- b. Al realizar el proceso anterior, únicamente existirá presión atmosférica dentro de la cámara; entre las válvulas PV y RV1 se quedará almacenado el prevacío de 10^{-3} torr.
- c. Para volver a cerrar la cámara, las válvulas VV y RV1 deberán permanecer cerradas y se abrirá RV2. El sensor TC2 deberá alcanzar su nivel de referencia (10^{-3} torr) y su led cambiará de rojo a verde.
- d. Una vez alcanzado este nivel de prevacío, automáticamente se cerrará RV2 y abrirán RV1 y PV. Las válvulas que estarán abiertas serán RV1 y PV, y las que estarán cerradas serán RV2 y VV. La válvula BLV volverá a abrirse al alcanzar el nivel de referencia del sensor Ion-Gauge (10^{-7} o 10^{-8} torr) dentro de la cámara, y el led de HI-VAC cambiará de rojo a verde.

• V. DESCRIPCIÓN ELÉCTRICA Y DOCUMENTACIÓN.

Esta sección contiene la descripción eléctrica del módulo de automatización, así como la documentación del mismo.

El voltaje que se suministra al módulo se obtiene directamente de la línea de alimentación (120 VAC). Para este voltaje se utiliza un fusible de 1 A.

El voltaje de 120 VAC pasa a través de una fuente regulada de voltaje de DC, obteniéndose a la salida un voltaje regulado de 24 VDC. Este voltaje es el que alimenta todos los dispositivos del módulo de automatización, entre ellos, los led's, los temporizadores y los relevadores.

Los relevadores que manejan la apertura y cierre de las válvulas, así como los demás dispositivos del módulo, se encuentran localizados en cuatro tarjetas: Tarjeta 1-4, Tarjeta 2-4, Tarjeta 3-4 y Tarjeta 4-4; adicionalmente se cuenta con una Tarjeta-Fuente que contiene la fuente de voltaje regulada.

Los elementos utilizados en cada tarjeta son descritos a continuación:

Tarjeta 1-4

Número de Parte	Descripción
K1-1	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K1-2	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K1-3	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K1-4	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
TEMP-1	Temporizador USB-S3F C-B 24VDC 1.5 A
R1-1	Resistencia 1.5 K Ω
R1-2	Resistencia 1.5 K Ω
R1-3	Resistencia 1.5 K Ω
R1-4	Resistencia 1.5 K Ω
R1-5	Resistencia 1.5 K Ω
R1-6	Resistencia 1.5 K Ω
CON1	Conector de 12 pines
CON2	Conector de 12 pines
CON3	Conector de 12 pines
D1-1	Diodo 1N4007
D1-2	Diodo 1N4007
D1-3	Diodo 1N4007

D1-4	Diodo	1N4007
D1-5	Diodo	1N4007
D1-6	Diodo	1N4007
D1-7	Diodo	1N4007
D1-8	Diodo	1N4007
D1-9	Diodo	1N4007
D1-10	Diodo	1N4007
D1-11	Diodo	1N4007
D1-12	Diodo	1N4007
D1-13	Diodo	1N4007

Tarjeta 2-4

Número de Parte	Descripción
K2-1	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K2-2	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K2-3	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K2-4	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
TEMP-2	Temporizador USB-S3F C-B 24VDC 1.5 A
R2-1	Resistencia 1.5 K Ω
R2-2	Resistencia 1.5 K Ω
R2-3	Resistencia 1.5 K Ω
R2-4	Resistencia 1.5 K Ω
R2-5	Resistencia 1.5 K Ω
R2-6	Resistencia 1.5 K Ω
R2-7	Resistencia 1.5 K Ω
R2-8	Resistencia 1.5 K Ω
CON1	Conector de 12 pines
CON2	Conector de 12 pines
CON3	Conector de 12 pines
CON4	Conector de 12 pines
CON5	Conector de 12 pines
D2-1	Diodo 1N4007
D2-2	Diodo 1N4007
D2-3	Diodo 1N4007
D2-4	Diodo 1N4007
D2-5	Diodo 1N4007
D2-6	Diodo 1N4007
D2-7	Diodo 1N4007
D2-8	Diodo 1N4007
D2-9	Diodo 1N4007
D2-10	Diodo 1N4007

D2-11	Diodo	1N4007
D2-12	Diodo	1N4007
D2-13	Diodo	1N4007
D2-14	Diodo	1N4007
D2-15	Diodo	1N4007

Tarjeta 3-4

Número de Parte	Descripción
K3-1	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K3-2	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K3-3	Relevador 2P-2T 24VDC 3 A
K3-4	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K3-5	Relevador 2P-2T 24VDC 3 A
K3-6	Relevador 2P-2T 24VDC 3 A
K3-7	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
R3-1	Resistencia 1.5 K Ω
R3-2	Resistencia 1.5 K Ω
R3-3	Resistencia 1.5 K Ω
R3-4	Resistencia 1.5 K Ω
R3-5	Resistencia 1.5 K Ω
R3-6	Resistencia 1.5 K Ω
CON1	Conector de 12 pines
CON2	Conector de 12 pines
CON3	Conector de 12 pines
CON4	Conector de 12 pines
D3-1	Diodo 1N4007
D3-2	Diodo 1N4007
D3-3	Diodo 1N4007
D3-4	Diodo 1N4007
D3-5	Diodo 1N4007
D3-6	Diodo 1N4007
D3-7	Diodo 1N4007
D3-8	Diodo 1N4007
D3-9	Diodo 1N4007
D3-10	Diodo 1N4007
D3-11	Diodo 1N4007
D3-12	Diodo 1N4007
D3-13	Diodo 1N4007

Tarjeta 4-4

Número de Parte	Descripción
K4-1	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K4-2	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K4-3	Relevador 2P-2T 24VDC 3 A
K4-4	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K4-5	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
K4-6	Relevador 2P-2T 24VDC 3 A
K4-7	Relevador 4P-2T 24VDC 3 A
R4-1	Resistencia 1.5 K Ω
R4-2	Resistencia 1.5 K Ω
R4-3	Resistencia 1.5 K Ω
R4-4	Resistencia 1.5 K Ω
R4-5	Resistencia 1.5 K Ω
R4-6	Resistencia 1.5 K Ω
CON1	Conector de 12 pines
CON2	Conector de 12 pines
CON3	Conector de 12 pines
CON4	Conector de 12 pines
D4-1	Diodo 1N4007
D4-2	Diodo 1N4007
D4-3	Diodo 1N4007
D4-4	Diodo 1N4007
D4-5	Diodo 1N4007
D4-6	Diodo 1N4007
D4-7	Diodo 1N4007
D4-8	Diodo 1N4007
D4-9	Diodo 1N4007
D4-10	Diodo 1N4007
D4-11	Diodo 1N4007
D4-12	Diodo 1N4007
D4-13	Diodo 1N4007
D4-14	Diodo 1N4007
D4-15	Diodo 1N4007
D4-16	Diodo 1N4007
D4-17	Diodo 1N4007

Tarjeta Fuente

Número de Parte	Descripción
TF-1	Transformador 127/24 VAC 3 A
PRF-1	Puente Rectificador 3 A 50 V
KF-1	Relevador 2P-2T 24VDC 3 A
RF-1	Resistencia 3.3 Ω
CF-1	Capacitor 0.1 μ F
CF-2	Capacitor 0.33 μ F
CF-3	Capacitor 4700 μ F
REG-1	Regulador de Voltaje L78S24CV
QF-1	Transistor B1077
DF-1	Diodo 1N4007
CONF-1	Conector de 12 pines
CONF-2	Conector de 12 pines
CONF-3	Conector de 12 pines
CONF-4	Conector de 12 pines
CONF-5	Conector de 12 pines

Panel Frontal

Número de Parte	Descripción
L1	Led ámbar
L2	Led ámbar
L3	Led rojo
L-4	Led bicolor (verde/rojo)
L-6	Led bicolor (verde/rojo)
L-7	Led bicolor (verde/rojo)
L-8	Led ámbar
L-9	Led bicolor (verde/rojo)
L-10	Led bicolor (verde/rojo)
L-11	Led bicolor (verde/rojo)
L-12	Led ámbar
L-13	Led bicolor (verde/rojo)
L-14	Led bicolor (verde/rojo)
L-15	Led ámbar
L-16	Led ámbar
L-17	Led ámbar
S-1	Interruptor 1P-2T
S-2	Interruptor 2P-2T Momentáneo
S-3	Interruptor 2P-2T Momentáneo
S-4	Interruptor 2P-2T Momentáneo

S-5	Interruptor 1P-2T
S-6	Interruptor 1P-2T
S-7	Interruptor 1P-2T
S-8	Interruptor 1P-2T
S-9	Interruptor 1P-2T
S-10	Interruptor 1P-2T
S-11	Interruptor 2P-2T Momentáneo
S-12	Interruptor 1P-2T 3 Posiciones
Alambrado	Cable AGW # 22

Panel Trasero

Número de Parte	Descripción
E1	Conector DB9
E2	Conector DB9
E3	Conector DB9
E4	Conector DB9
E5	Conector DB9
E6	Conector minidin de 3 pines
E7	Conector DB9
E8	Conector minidin de 3 pines
E9	Conector minidin de 3 pines
E10	Conector minidin de 3 pines
E11	Conector minidin de 3 pines
F1	Portafusible europeo
L1	Contacto de Alimentación AC

Para abrir BLV (K3-5) se deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Las válvulas deben estar HABILITADAS
2. El interruptor de BLV deberá esta en la posición AUTO
3. Alto vacío en la línea del haz
4. Alto vacío en la cámara

Para abrir PV (K3-6) se deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Las válvulas deben estar HABILITADAS
2. El interruptor de PV deberá esta en la posición AUTO
3. TC1 < Nivel de Referencia
4. TC2 < Nivel de Referencia

Para abrir RV1 (K4-6) existen dos posibles opciones, en cada caso se deberán cumplir las siguientes condiciones:

Caso 1.

1. Las válvulas deben estar HABILITADAS
2. El interruptor de BOMBA MECÁNICA deberá estar en la posición TURBO
3. El interruptor de RV1 deberá estar en la posición AUTO
4. RV2 CERRADA
5. TURBO NLK o TURBO BYPASS

Caso 2.

1. Las válvulas deben estar HABILITADAS
2. El interruptor de BOMBA MECÁNICA deberá estar en la posición CÁMARA
3. El interruptor de RV1 deberá estar en la posición AUTO
4. RV2 CERRADA
5. TURBO NLK o TURBO BYPASS
6. TC2 < Nivel de Referencia y TC1 > Nivel de Referencia

Para abrir RV2 (K3-3) se deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Las válvulas deben estar HABILITADAS
2. El interruptor de BOMBA MECÁNICA deberá estar en la posición CÁMARA
3. El interruptor de RV2 deberá estar en la posición AUTO
4. RV1 CERRADA
5. VV CERRADA
6. TC1 < Nivel de Referencia y TC2 > Nivel de Referencia

Para abrir VV (K4-3) se deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Las válvulas deben estar HABILITADAS
2. El interruptor de VV deberá estar en la posición AUTO
3. El interruptor de VENTEAR CÁMARA deberá estar en la posición VENTEAR (el operador deberá mover manualmente este interruptor hasta que VV abra)
4. ATM APAGADO
5. RV2 CERRADA
6. BLV CERRADA
7. PV CERRADA

Las figuras A1-2 y A1-3 muestran el Diagrama Eléctrico General del Módulo de Automatización.

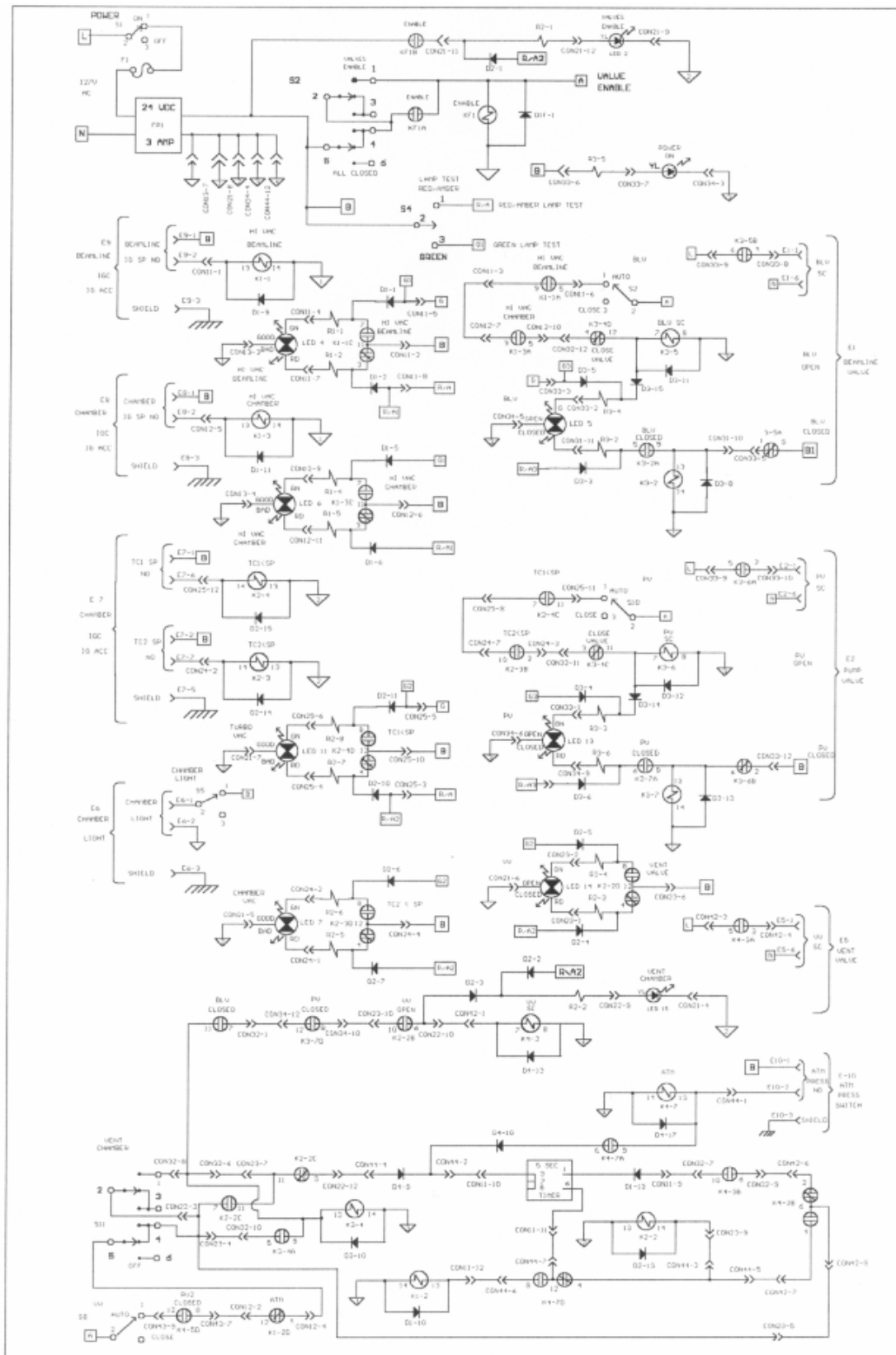


Fig. A1-2 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARTE 1

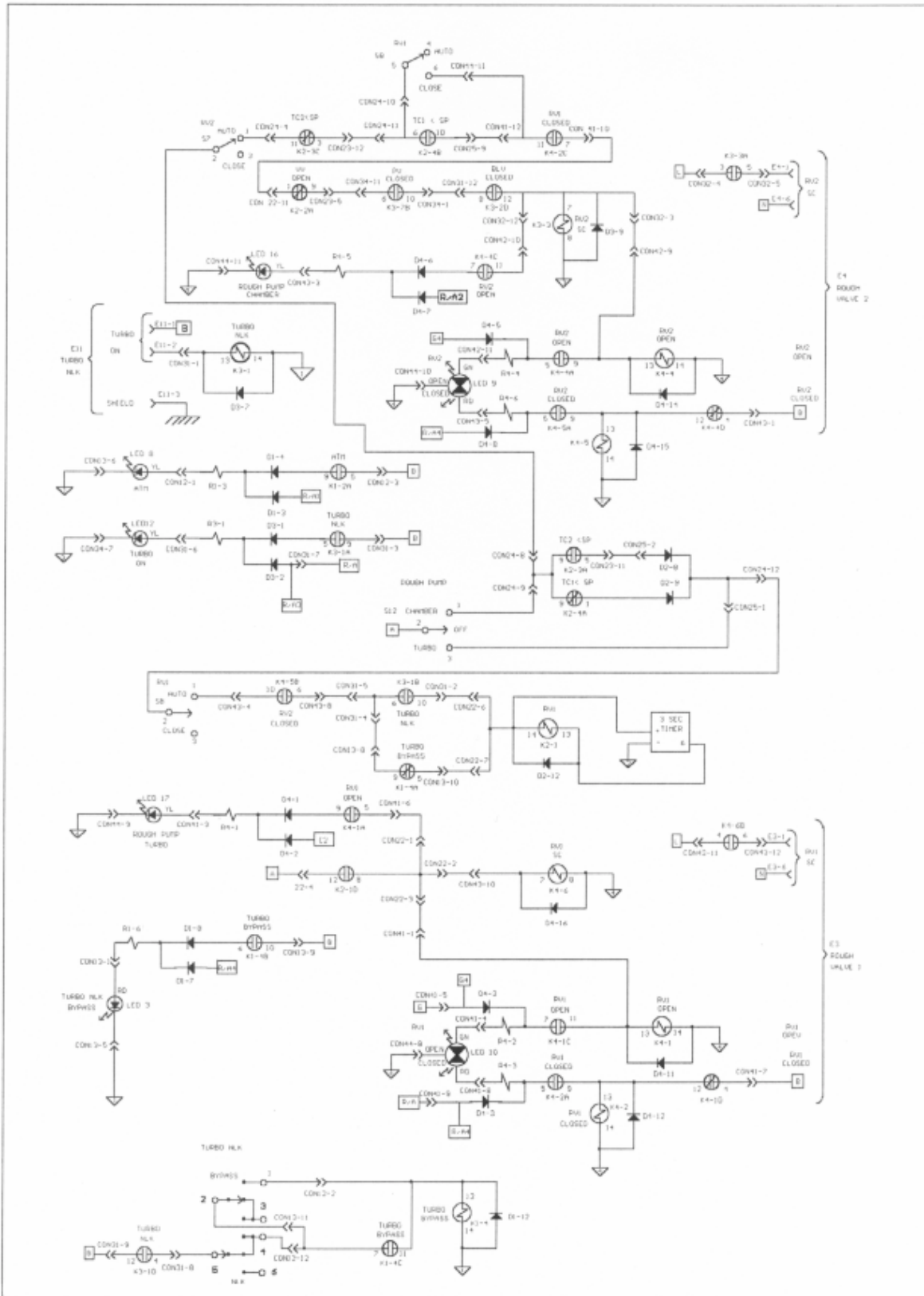


Fig. A1-3 DIAGRAMA ELÉCTRICO PARTE 2

APÉNDICE 2 DISEÑO DE LAS TARJETAS Y EL CHASIS DEL MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN

DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS Y DIAGRAMAS DE COMPONENTES DE LAS TARJETAS

Para realizar el diseño de los circuitos impresos primeramente se realizaron las pruebas a cada uno de los circuitos de automatización diseñados para las válvulas, por lo tanto después de que se comprobó el correcto funcionamiento de cada uno de los circuitos y que todos cumplieran con los puntos establecidos para realizar una adecuada automatización de la válvula, se diseñaron las tarjetas donde se colocarían cada uno de esos circuitos, pero debido al tamaño de los componentes y al espacio disponible para la colocación del módulo, se distribuyeron en cuatro tarjetas las cuales estarán conectadas entre si a través de puentes que permitan conjuntar el diseño final del diagrama del módulo de automatización.

Los circuitos impresos se diseñaron en Protel y con base en un diseño que permitiera distribuir en cada tarjeta los componentes de manera adecuada y que las conexiones con las otras tarjetas resultará accesible para poder realizarlas con facilidad. Las medidas de las tarjetas se fijaron de acuerdo al tamaño propuesto para la construcción del chasis del módulo.

Más adelante se presentaran las vistas de cada una de las tarjetas tanto la vista del lado de las pistas como la vista del lado de los componentes y se dará una breve descripción de cada una de éstas y de los componentes que se encuentran localizados en ellas así como la parte del circuito de automatización al que pertenecen.

Dentro de los diseños se incluye el de la fuente de alimentación que permitirá que el módulo de automatización funcione, dentro de la tarjeta de esta fuente se incluye el circuito para habilitar las válvulas así como la alimentación a las cuatro tarjetas que conforman este módulo.

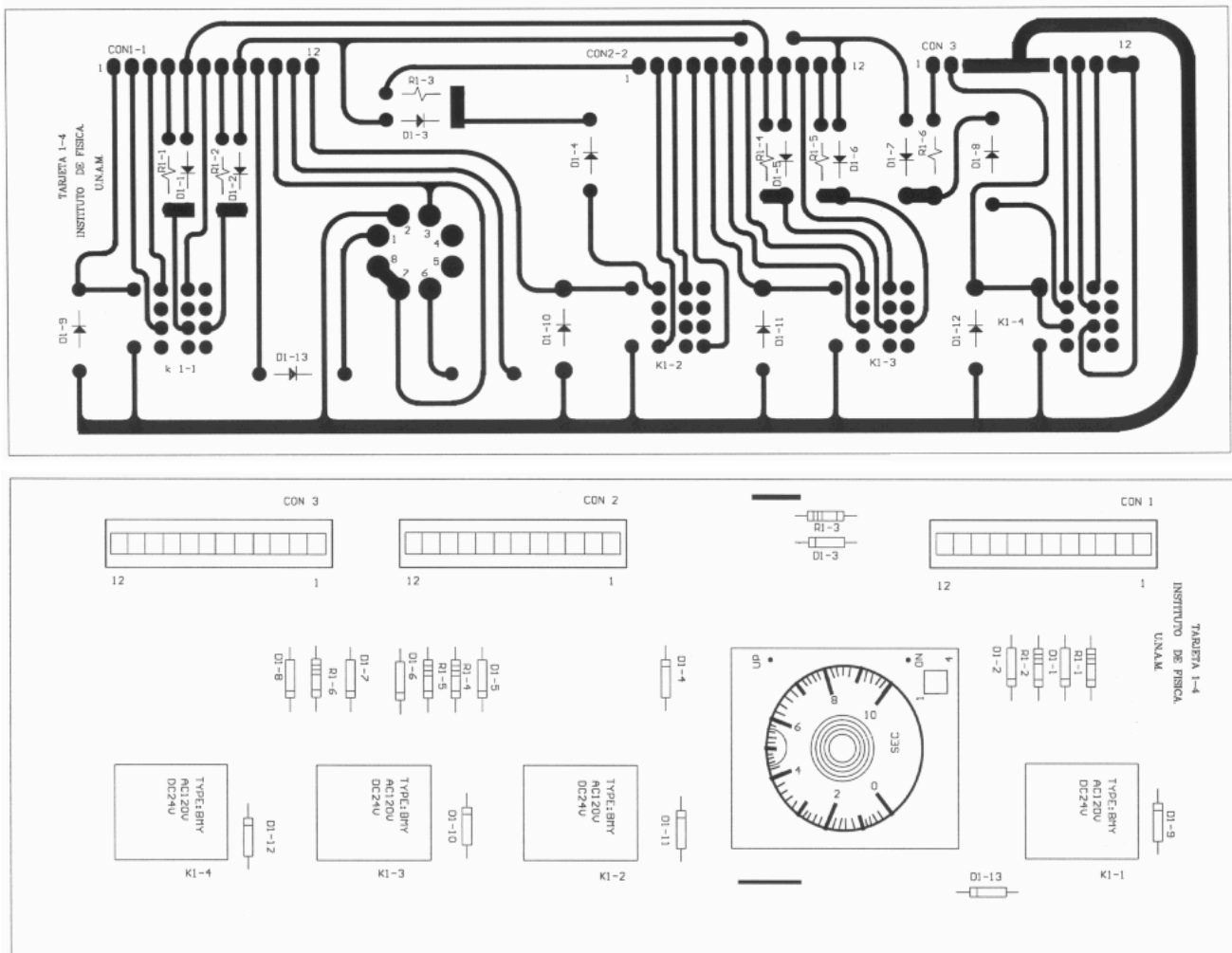


Fig. A2-1 TARJETA 1-4

En la figura A2-1 se observa la vista de la tarjeta 1-4 tanto del lado de las pistas como del lado de los componentes, en esta tarjeta se encuentran localizados los relevadores asociados a los dos sensores de alto vacío, los cuales son parte del circuito de automatización para la válvula BLV y también del cambio de estado de los led's que indican cuando los sensores llegan al nivel de referencia establecido o cuando todavía no han llegado tanto dentro de la cámara como en la línea del haz. Otro de los componentes localizados en esta tarjeta es el relevador asociado al sensor de presión atmosférica, así como el temporizador que proporciona un retardo para dar inicio al venteo de la cámara y un retardo después de que se alcanza una presión atmosférica y se termina de ventear la cámara. También se encuentra un relevador que permitirá realizar el bypass cuando se empieza a trabajar. Por último están tres conectores de 12 pines.

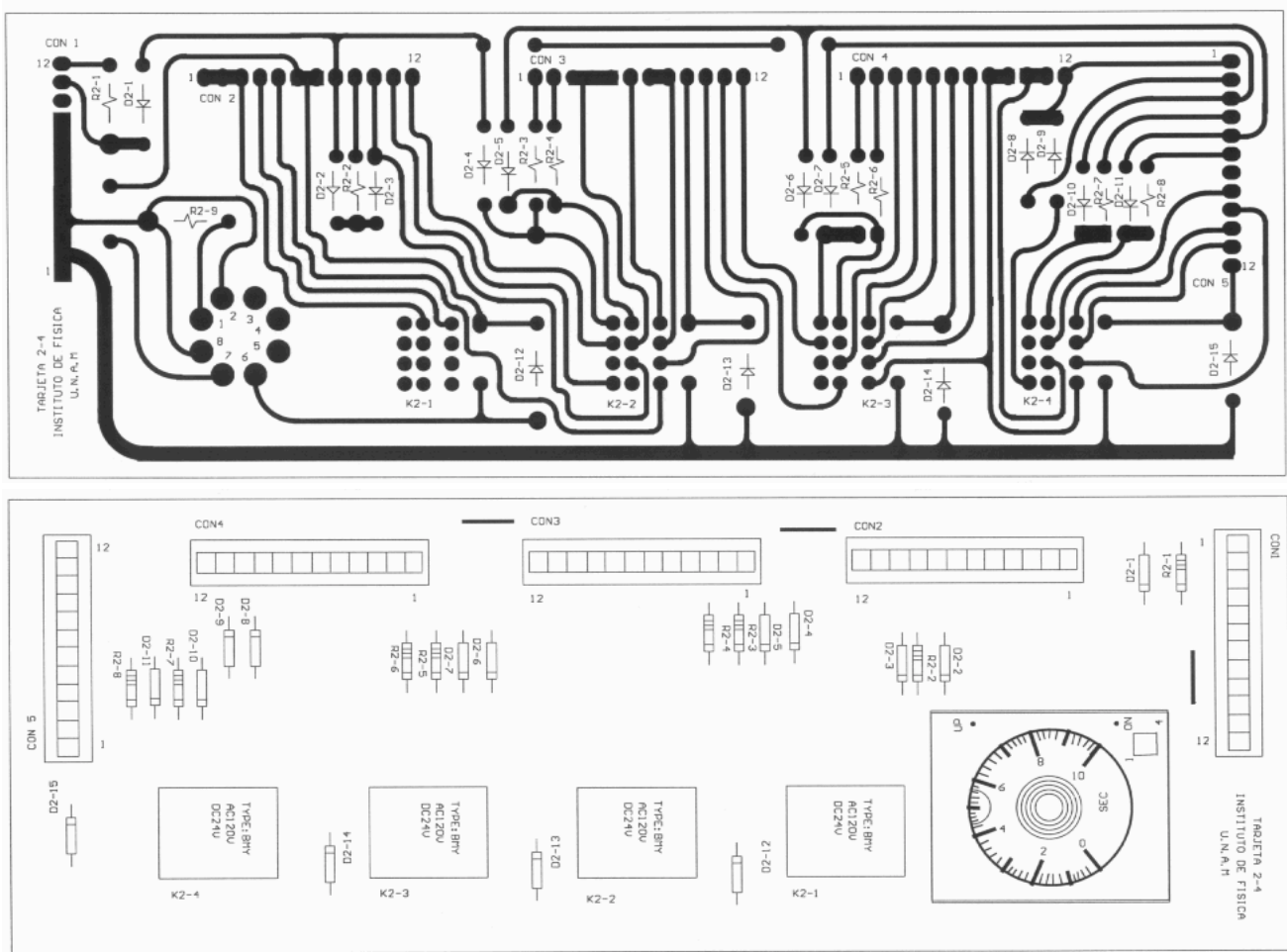


Fig. A2-2 TARJETA 2-4

En la figura A2-2 se observa la vista de la tarjeta 2-4 tanto del lado de las pistas como del lado de los componentes, en esta tarjeta se encuentran localizados los relevadores asociados a los sensores TC1 y TC2 que forman parte del circuito de automatización tanto para la válvula PV así como para los led's que indican que se ha llegado al nivel de prevacío tanto en la cámara como en la sección de la bomba turbo-molecular. También se encuentra en esta tarjeta un temporizador que es el que proporcionará el retardo para la apertura de RV1; otro relevador que se encuentra en esta tarjeta forma parte del circuito de automatización para la válvula VV y también sirve para el led que indicará en que posición se encuentra la válvula VV. Por último también se encuentran localizados en esta tarjeta 5 conectores de 12 pines que permiten realizar puentes con las otras tarjetas así como con led's, conectores DB9 y conectores minidin de tres pines.

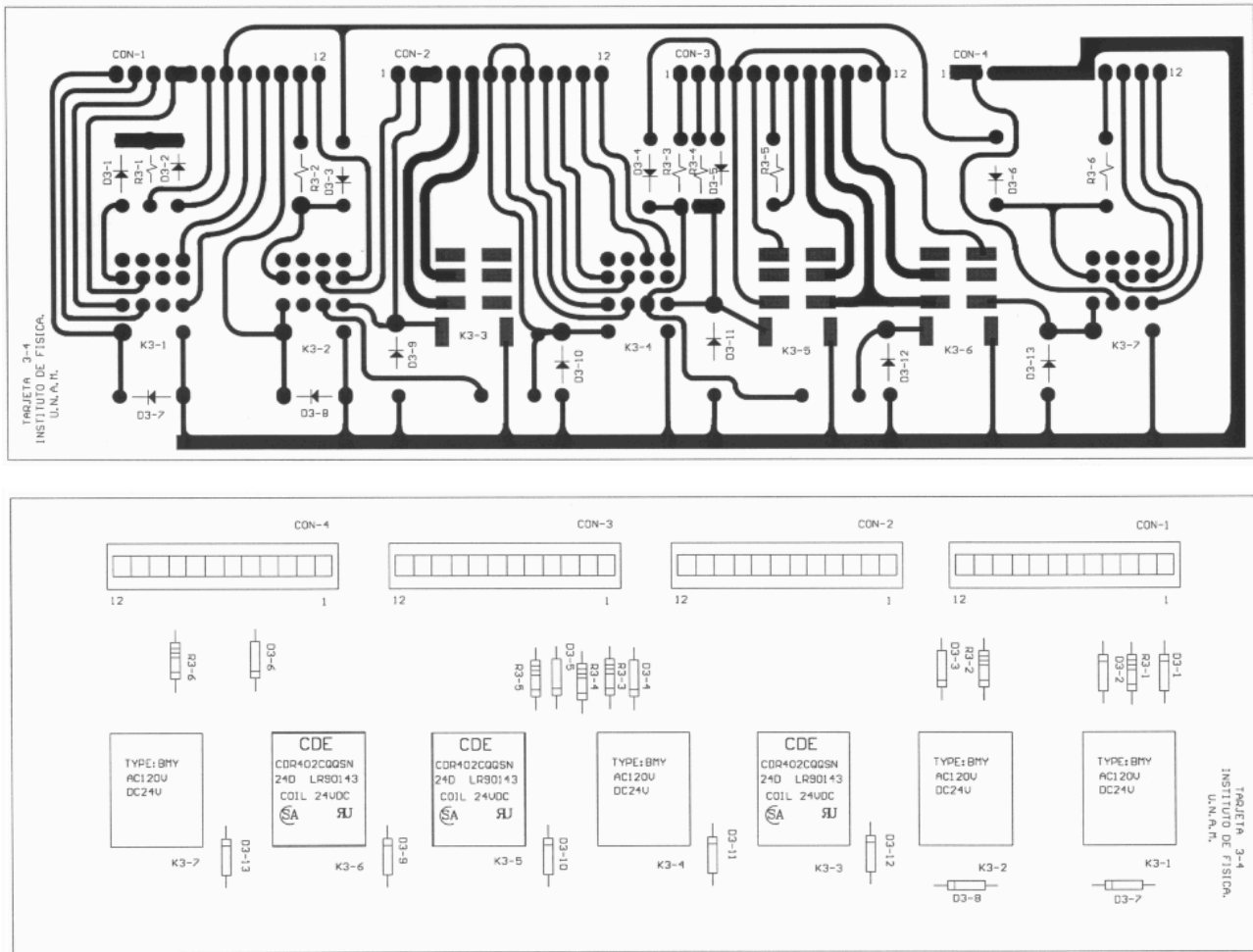


Fig. A2-3 TARJETA 3-4

En la figura A2-3 se observa la vista de la tarjeta 3-4 tanto del lado de las pistas como del lado de los componentes. En esta tarjeta se encuentra localizado el relevador asociado a la bomba turbo-molecular el cual se activa cuando esta bomba comienza a trabajar, también está el relevador que forma parte del circuito de venteo de la cámara y que asegura que las válvulas BLV, y PV se mantengan cerradas cuando se esté venteando. Otros relevadores que se encuentran en esta tarjeta son los que activan las bobinas de las válvulas BLV, RV2 y PV, también se encuentran los relevadores que están asociados a los led's de estas tres válvulas y que indican la posición en la que éstas se encuentran. Por último también se encuentran localizados en esta tarjeta 4 conectores de 12 pines que permiten realizar puentes con las otras tarjetas así como con led's, conectores DB9 y conectores minidin de tres pines.

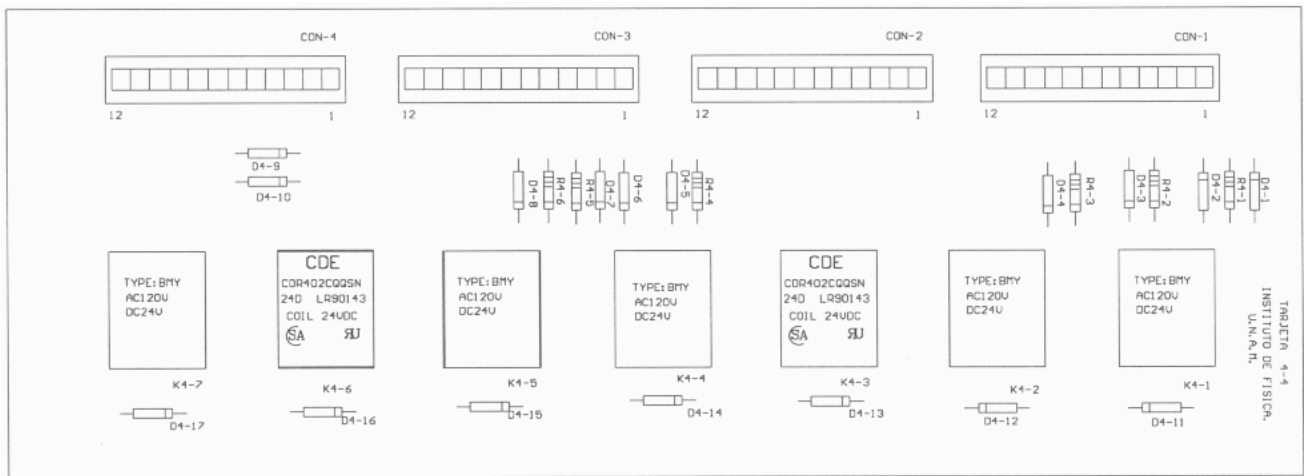
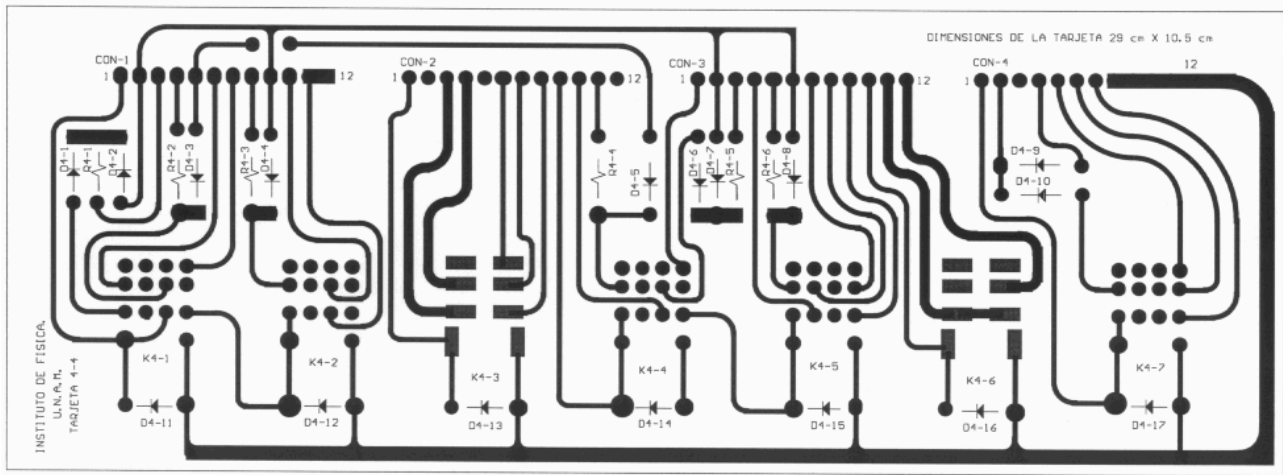


Fig. A2-4 TARJETA 4-4

En la figura A2-4 se observa la vista de la tarjeta 4-4 tanto del lado de las pistas como del lado de los componentes, en esta tarjeta se encuentra localizado el relevador asociado al circuito de automatización de la válvula RV1. Otros relevadores que se encuentran en esta tarjeta son los que activan las bobinas de las válvulas RV1 y VV; también se encuentran los relevadores que están asociados a los led's de estas dos válvulas y que indican la posición en la que éstas se encuentran, así como los relevadores que permiten que los led's que indican donde se está realizando el vacío cambien de color, ya sea en la cámara o en la sección de la bomba turbomolecular. Por último también se encuentran localizados en esta tarjeta 4 conectores de 12 pines que permiten realizar puentes con las otras tarjetas así como con led's, conectores DB9 y conectores minidin de tres pines.

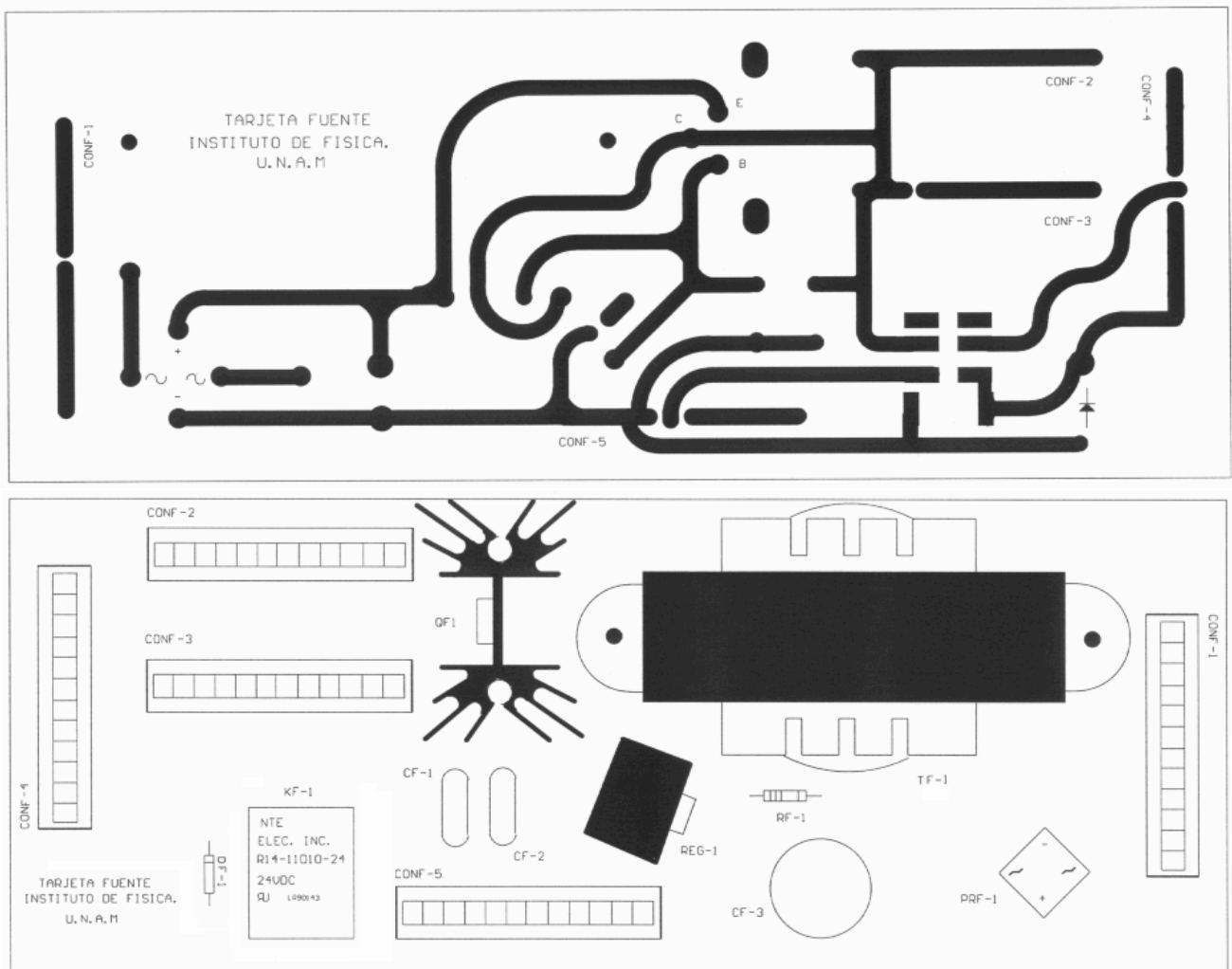


Fig. A2-5 TARJETA FUENTE

En la figura A2-5 se observa la vista de la tarjeta fuente tanto del lado de las pistas como del lado de los componentes, en esta tarjeta se encuentra localizado el relevador asociado al circuito para habilitar las válvulas. También se encuentran los componentes de la fuente regulada, como son el transformador, el puente rectificador, los capacitores, un diodo, el regulador de voltaje y el transistor de potencia asociado al regulador junto con una resistencia. En esta tarjeta se encuentran cinco conectores de 12 pines. El conector CONF-1 contiene 6 pines por donde entra la línea y 6 pines con los neutros. De los conectores CONF-2 y CONF-3 salen los 24 VDC regulados que alimentan a los componentes. En el conector CONF-4 5 pines se utilizan para la prueba de led's en color verde, 1 pin para habilitar las válvulas y 6 pines para los interruptores de las válvulas. Finalmente el conector CONF-5 tiene 6 pines para la prueba de led's en color ámbar y rojo, y 6 pines con 24 VDC regulados.

DISEÑO Y MEDIDAS DEL CHASIS DEL EQUIPO

La figura A2-6 muestra el diseño del chasis del módulo construido. El chasis está fabricado en aluminio de 2mm de espesor. Las medidas del módulo son: 48.5 x 13.5 x 41 cm respectivamente, las cuales corresponden a las medidas standard de los demás módulos que componen el sistema, y éstos están colocados en un gabinete general.

En el chasis del módulo construido todas sus piezas son desmontables, haciéndolo mucho más accesible para cualquier servicio de reparación o mantenimiento.

Todas las piezas del chasis están unidas entre sí mediante unas barras de aluminio de 1cm de espesor, las cuales sirven como soporte y estructura para las tarjetas y para los paneles del módulo. Así mismo, cuenta con 2 agarraderas para su fácil manejo. Todos los tornillos que unen las piezas del chasis son de 1/8 de pulgada, lo cual los hace fáciles de conseguir.

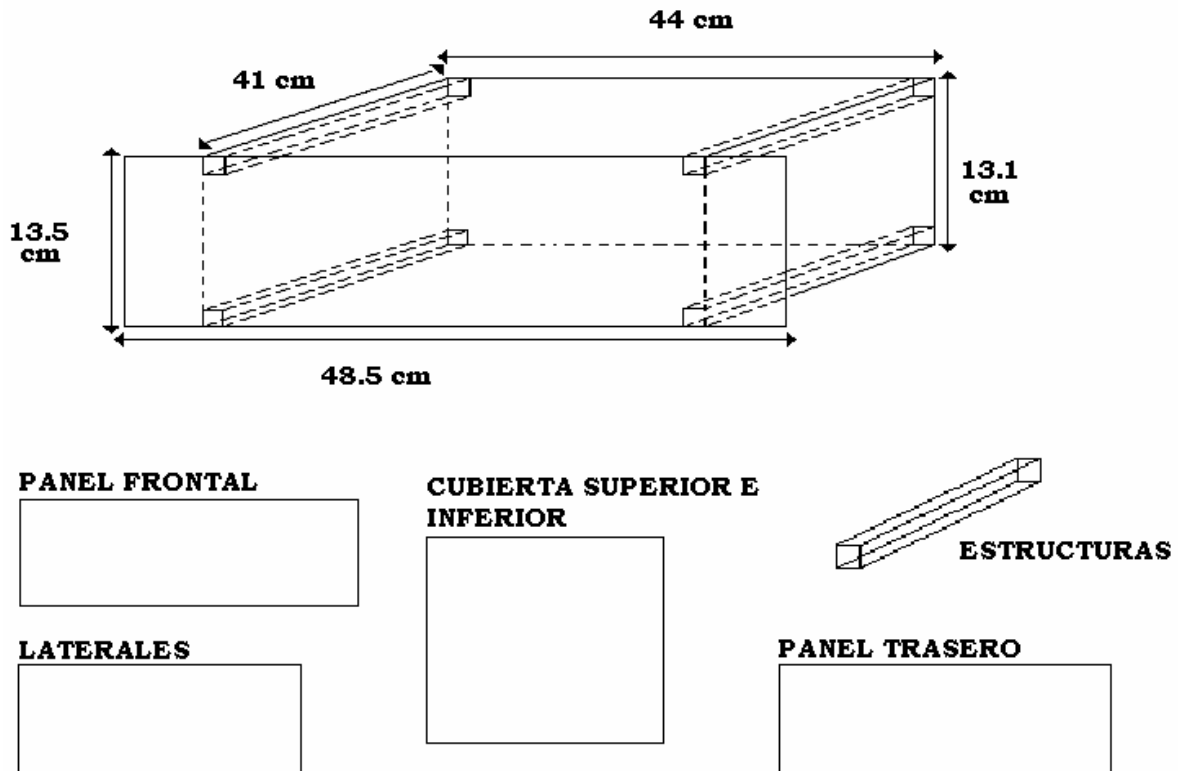


Fig. A2-6 Diagrama del Chasis del Equipo

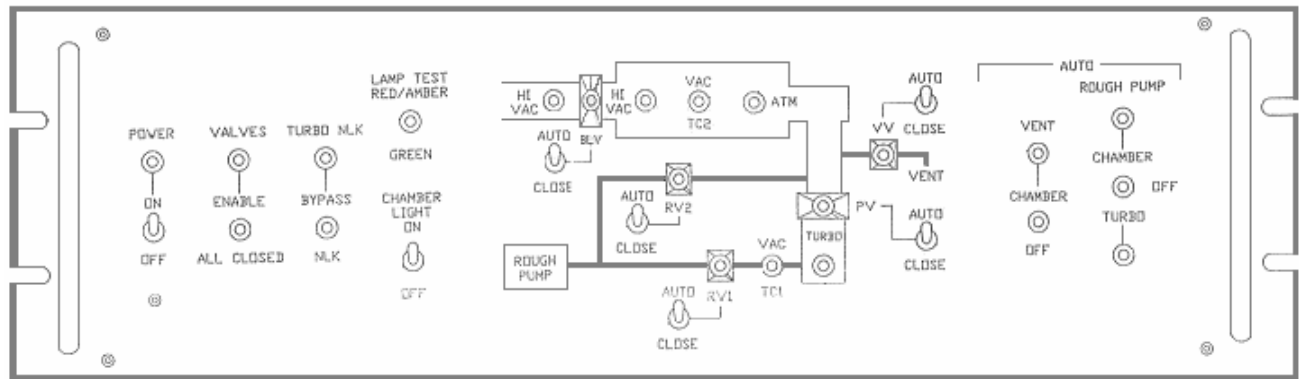


Fig. A2-7 PANEL FRONTAL DEL CHASIS

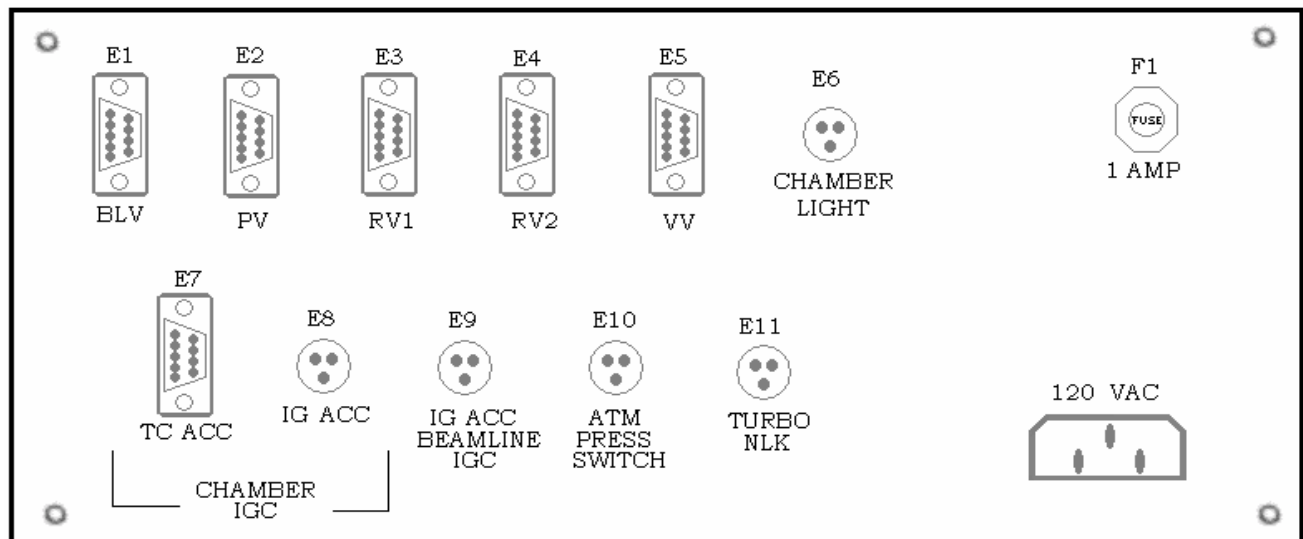


Fig. A2-8 PANEL TRASERO DEL CHASIS

Las figura A2-7 y A2-8 muestra el Panel Frontal y el Panel Trasero del Módulo de Automatización.

En las figuras se observa que los rótulos de ambos paneles están en inglés, esto se hizo a solicitud de los investigadores responsables del proyecto, ya que se requería una uniformidad con todos los módulos que componen el acelerador de Partículas Peletrón.