



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CORRECTIVO Y  
APOYO A SISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA  
DE TRANSPORTES CRIOGÉNICOS”

TRABAJO PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
CARLOS ALBERTO SÁNCHEZ ROJAS

ASESOR: ING. JAVIER HERNÁNDEZ VEGA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

**ASUNTO: EVALUACION DEL INFORME  
DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN**

**DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E**



DEPARTAMENTO DE

**ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán**

Con base en el art. 26 del Reglamento General de Exámenes y el art. 66 del Reglamento de Exámenes Profesionales de FESC, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **EL TRABAJO PROFESIONAL:**

"Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Apoyo a Sistemas de Carga y Descarga de Transportes Criogénicos"

que presenta el pasante: Carlos Alberto Sánchez Rojas  
con número de cuenta: 09607018-1 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios, otorgamos nuestra **ACEPTACION**

**A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Mayo de 2007.

**PRESIDENTE** Ing. Javier Hernández Vega

**VOCAL** Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

**SECRETARIO** Ing. Francisco Gutiérrez Santos

**PRIMER SUPLENTE** Ing. Sergio Lara Flores

**SEGUNDO SUPLENTE** Ing. Albino Arteaga Escamilla

*SIEMPRE HAY UN MAÑANA  
Y LA VIDA NOS DA OTRA OPORTUNIDAD  
PARA HACER BIEN LAS COSAS,  
PERO POR SI ME VUELVO A EQUIVOCAR  
Y HOY ES TODO LO QUE ME QUEDA,  
ME GUSTARÍA DECIRLES CUANTO LOS QUIERO.*

*A MIS PADRES:*

*GEORGINA ROJAS GAYTÁN  
JUAN MANUEL SÁNCHEZ TREJO*

*NADIE TE RECORDARÁ POR TUS PENSAMIENTOS  
SECRETOS*

*PIDE AL SEÑOR LA FUERZA Y LA SABIDURÍA PARA  
EXPRESARLOS*

*¿LA FUERZA MÁS POTENTE DEL MUNDO?*

*LA FE*

*ANTES QUE NADA QUIERO AGRADECER A DIOS  
POR PONERME EN ESTE CAMINO  
POR TODO LO MUCHO QUE ME A DADO  
POR DARME FUERZA, PACIENCIA Y RAZÓN  
POR TODOS LOS QUE QUIERO*

*"DOY GRACIAS A DIOS"*

*A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO,  
MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS DE HISPANOAMÉRICA:  
GRACIAS POR COBIJARME DURANTE ESTOS AÑOS  
Y SER FORJADORA DE CONCIENCIAS. . .*

*A mis profesores:*

*Por transmitirme sus conocimientos y  
Brindarme las herramientas necesarias  
Para iniciar mi vida profesional.*

*Gracias.*

*A mi asesor:*

*Por ayudarme a dar este último gran paso  
Y alcanzar la primera de mis metas.*

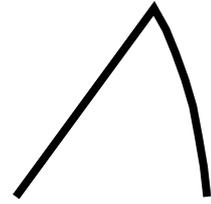
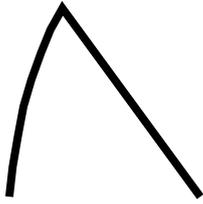
*Gracias.*

*"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU".*

*Quiero agradecer a mis padres por apoyarme  
Por brindarme esta oportunidad que hoy se consuma  
Por darme lo que ellos no tuvieron  
Por finalmente entenderme y aceptarme rebelde sin causa  
Por todo lo que ellos significan para mí  
Les agradezco y les dedico este triunfo.*

*A mis hermanos Juan Raúl y Claudia Liliana  
Les agradezco su apoyo y final comprensión  
Por a pesar de pelear nunca dejarme solo en los momentos clave.*

*Agradezco a mis abuelitos  
En especial a mi abuelita Trini  
Por acercarme a Dios  
Por sus sabios consejos  
Por ser como una Madre para mí  
Gracias.*



*Tú me apoyaste en todo momento y te preocupaste por mí  
Tú me llevaste de la mano hasta mi salón cuando no quería entrar  
Tú confiaste en mí y jamás dudaste que lo lograría*

*...*

*Por todo esto gracias.*



*"Gracias Lizeth y familia García Medina"*

*A todos los compañeros de CryoInfra Naucalpan que me han tendido la mano y jamás me han negado nada.*

*Gracias.*

*Al Ing. José Luís Nicasio Daniel y al Ing. Miguel Ángel Mora García de CryoInfra Naucalpan por su enseñanza y sus consejos, por todos los cientos de permisos que nunca me negaron y por el apoyo para poder realizar este trabajo.*

*Gracias.*

*A Jaime Barrera Castro de CryoInfra Naucalpan por su paciencia, por sus consejos, por su apoyo y sobre todo por transmitirme sus conocimientos, ya que todo lo mucho o poco que pueda contener este trabajo el me lo enseñó.*

*Gracias.*

*A Armando López de CryoInfra Naucalpan por sus consejos y enseñanza, por toda su experiencia transmitida.*

*Gracias.*

# ÍNDICE

|   | Pág. |
|---|------|
| I. INTRODUCCIÓN.....                            | 2    |
| II. GENERALIDADES.....                          | 3    |
| III. DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL..... | 7    |
| IV. DESARROLLO LABORAL.....                     | 9    |
| 4.1 SISTEMA ELÉCTRICO.....                      | 9    |
| 4.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....             | 10   |
| 4.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....             | 13   |
| 4.2 SISTEMA MECÁNICO.....                       | 16   |
| 4.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....             | 20   |
| 4.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....             | 25   |
| 4.3 SISTEMA DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN.....  | 28   |
| 4.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....             | 31   |
| 4.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....             | 38   |
| 4.4 APOYO.....                                  | 43   |
| 4.4.1 EMERGENCIAS.....                          | 44   |
| 4.4.2 PROYECTOS.....                            | 44   |
| V. CASO PRÁCTICO .....                          | 45   |
| 5.1 INTRODUCCIÓN.....                           | 45   |
| 5.2 DESCRIPCIÓN.....                            | 45   |
| VI. CONCLUSIÓN.....                             | 54   |

## I. INTRODUCCIÓN.

**GRUPO INFRA**, fundado en 1919, fue pionero en la Industria de México en la fabricación de Gases industriales; líder indiscutible en la producción de Oxígeno, Nitrógeno, Argón, Helio, Hidrógeno, Acetileno, CO<sub>2</sub>, Mezclas para soldar y Gases especiales.

Mi desempeño profesional comienza dentro de la empresa **CRYOINFRA**, empresa líder y corazón del Grupo dedicada a la producción y distribución al mayoreo de gases industriales criogénicos, desempeñándome como Técnico Criogénico dentro del Departamento de Mantenimiento Criogénico en el Área de Tanques para el Transporte.

**CRYOINFRA** Naucalpan, se localiza entre las calles de Plásticos y San Francisco, en la colonia industrial San Francisco Cuautlalpan, en el municipio de Naucalpan, Estado de México.

El presente trabajo es una breve descripción de mi desempeño profesional que consiste en dar mantenimiento a los transportes criogénicos, enfocado particularmente al sistema de carga y descarga de producto, es decir de LOX (Oxígeno Líquido), LIN (Nitrógeno Líquido) y LAR (Argón Líquido), comprendiendo el MP (mantenimiento preventivo), MC (mantenimiento correctivo) y AP (apoyo), abarcando parte de diferentes disciplinas de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, como son: el área eléctrica, el área mecánica y el área de medición e instrumentación.

## II. GENERALIDADES.

Fundado en 1919, **GRUPO INFRA** fue pionero en la Industria de México en la fabricación de Oxígeno; después se convirtió en líder indiscutible en la producción de Oxígeno, Nitrógeno, Argón, Helio, Hidrógeno, Acetileno, CO<sub>2</sub>, Mezclas para soldar y Gases especiales. **GRUPO INFRA** lo forman empresas tales como **CRYOINFRA**, **INFRAMEDICA**, **EDASA INFRA**, **INFRA DEL SUR**, **ELECTRODOS INFRA**, **FINESA INFRA**, **INFRA SILVER STAR**, **INFRA SOLDADORAS INDUSTRIALES**, **INFRA**, **INFRA SEGURIDAD INDUSTRIAL**, **METALOIDES**, **INFRA SUPER-FLEX**.

**CRYOINFRA** es la empresa líder y corazón del Grupo, dedicada a la producción y distribución al mayoreo de gases industriales criogénicos tales como:

- OXÍGENO
- NITRÓGENO
- ARGÓN
- HIDRÓGENO
- CO<sub>2</sub>

siendo el mayor productor de Gases Industriales y Medicinales de la República Mexicana lo que la ubica como una de las principales empresas de la iniciativa privada en el país.

**CRYOINFRA** suministra sus productos en forma líquida mediante Transportes y Tanques de Almacenamiento Especializados, o en forma gaseosa a través de Tuberías, Plantas construidas en el sitio de consumo (llamadas on-site Criogénicas y no Criogénicas); y/o Plantas de Servicios de Inyección a la Industria Petrolera.

El término “*criogénico*” se utiliza para designar procesos que operan a muy bajas temperaturas. Proviene de la raíz griega “*KRYOS*” que significa “*tan frío como el hielo*” y el sufijo “*GENOS*” que literalmente se traduce como “*propio para la producción de condiciones tan frías como el hielo*”. La **Criogénia** se dedica al estudio y utilización de materiales a temperaturas muy bajas; no se ha acordado un límite superior para las temperaturas criogénicas, pero el Instituto Nacional de Modelos y Tecnología de Estados Unidos ha sugerido que se aplique el término “*criogénia*” para todas las temperaturas inferiores a -150 °C (123 °K); de igual forma, la industria ha aceptado un producto como criogénico, si su punto de ebullición está por debajo de los -150 °C. Algunos científicos consideran el punto de ebullición normal del oxígeno (-182 °C) como límite superior.

Para mantener un producto criogénico en estado líquido a presión atmosférica, es necesario conservarlo a baja temperatura en recipientes especiales llamados “Dewar” en memoria de su inventor, el Químico James Dewar, quien en 1892 empleó por primera vez el aislamiento por vacío y, para 1908, fue el primero en conseguir hidrógeno líquido.

Los frascos Dewar o termos han demostrado su utilidad para almacenar líquidos a temperaturas criogénicas. Estos recipientes están formados por dos frascos, uno dentro de otro, separados por un espacio (anular) en el que se ha hecho el vacío, ya que la conducción y la convección no tienen lugar en el vacío, donde el único método de transferir calor es la radiación, que corresponde al transporte de energía térmica por ondas electromagnéticas. El exterior del frasco interno y el interior del frasco externo están recubiertos por una capa reflectante de plata o aluminio para evitar que el calor atraviese el vacío por radiación. Las sustancias más frías que el aire líquido no pueden manejarse en frascos Dewar abiertos porque el aire se condensaría sobre la muestra o formaría un tapón sólido que impediría la salida de los vapores liberados; éstos se acumularían y terminarían por romper el recipiente.

Una de las aplicaciones industriales más importantes de los frascos Dewar son los Tanques Criogénicos; éstos son recipientes similares a los Dewar y diseñados especialmente para contener líquidos criogénicos tales como: Oxígeno ( $-182^{\circ}\text{C}$ ), Nitrógeno ( $-195^{\circ}\text{C}$ ) y Argón ( $-186^{\circ}\text{C}$ ); los cuales constan de igual forma de dos recipientes concéntricos, uno dentro del otro. El tanque interior es fabricado de Acero Inoxidable tipo SA-240-304, el cual resiste bajas temperaturas sin alterar su estructura molecular. El tanque exterior (como no está sometido a bajas temperaturas) se fabrica de Acero al Carbón tipo SA-285-C y su función básica es resistir la presión atmosférica contra el vacío interior existente entre ambos tanques. De igual forma, se crea vacío en su espacio anular, el cual puede ser rellenado con dos materiales aislantes: “Super Aislamiento” (cryotherm y aluminio) y/o “carlita” (perlita fina) los cuales son usados como aislantes.

Los tanques criogénicos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Para Almacenamiento.
2. Estacionarios o Convertidores.
3. Para el Transporte

## 1. TANQUES PARA ALMACENAMIENTO



Figura 1. TANQUES PARA ALMACENAMIENTO

Son aquellos instalados en plantas y en los centros de llenado. Su función es almacenar el líquido para distribuirlo posteriormente mediante Pipas; o bien, para servir como respaldo de las plantas que suministran los productos por nitroducto u oxiducto.

## 2. TANQUES ESTACIONARIOS O CONVERTIDORES.

Las Estaciones de Servicio cuentan con tanques Criogénicos apropiados para suministrar producto en estado gaseoso (normalmente) a una presión constante.

Estos tanques están diseñados, a diferencia de los anteriores, para proporcionar un consumo constante.

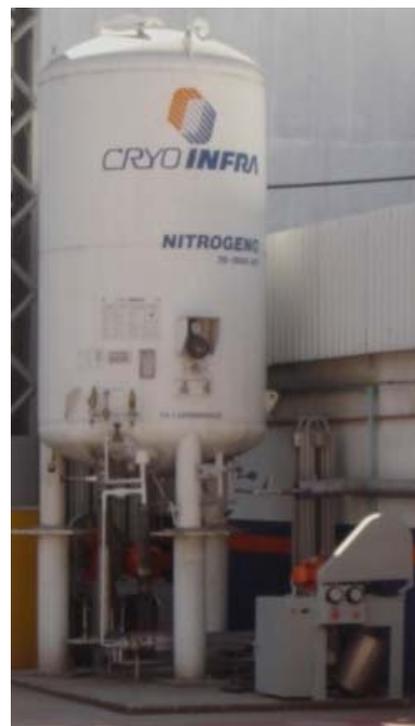


Figura 2. TANQUES ESTACIONARIOS O CONVERTIDORES

### 3. TANQUES PARA EL TRANSPORTE



Figura 3. TANQUES PARA EL TRANSPORTE

Son aquellos que se utilizan para transportar Oxígeno, Nitrógeno y Argón en estado líquido, con una presión máxima de trabajo de  $2.9 \text{ kg/cm}^2$ ; los tanques de mayor capacidad con los que se cuenta tienen una capacidad de 20,330 lts., que equivalen a 25,500 kg de Oxígeno Líquido y 18,024 kg de Nitrógeno Líquido.

Existen dos tipos de tanques para el transporte: las Pipas y los Auto-Tanques, que cuentan con una bomba criogénica de transferencia y con un sistema de vaporización para elevar la presión del tanque interior y transferir el producto. Además, cuentan con discos de ruptura, válvulas de seguridad, venteo e indicadores de presión y nivel.

Es precisamente aquí donde comienzo mi desempeño profesional dentro de la empresa **CRYOINFRA**, como Técnico Criogénico en el Departamento de Mantenimiento Criogénico, en el Área de Tanques para el Transporte.

### III. DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL.

El trabajo que realizo dentro del Departamento de Mantenimiento Criogénico, se puede esquematizar de la siguiente manera:

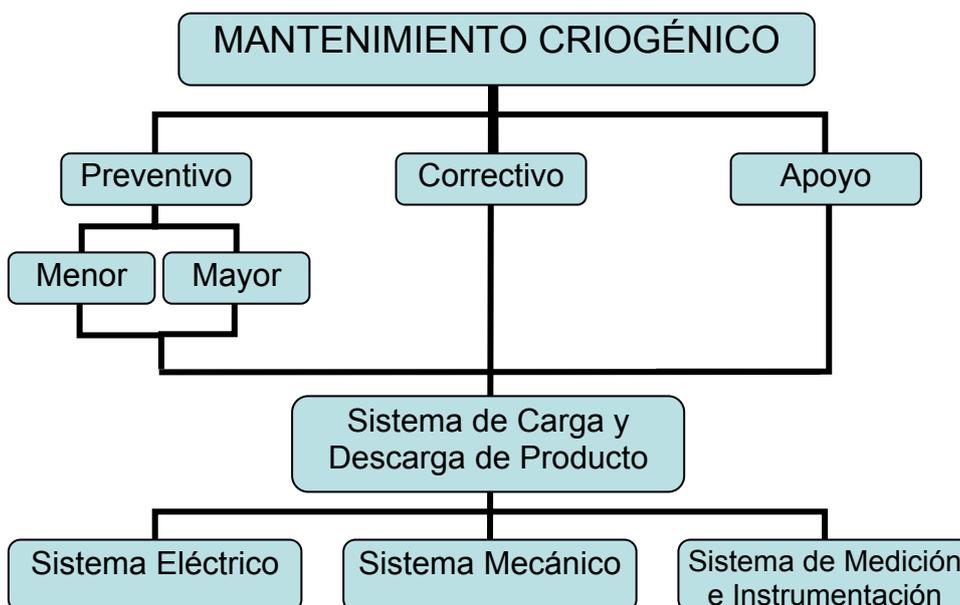


Figura 4. ESQUEMA DE TRABAJO  
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CRIOGÉNICO

- *El Mantenimiento Preventivo*, como su nombre lo dice, consiste en prevenir las fallas que pudieran darse en el sistema y esta basado en el tiempo y/o las horas trabajadas por los equipos. Este tipo de mantenimiento se divide en mantenimiento menor y mantenimiento mayor.

- *El Mantenimiento Menor* se efectúa cada dos meses y se realiza de la siguiente forma:
  - a) Limpieza general del equipo.
  - b) Verificar el funcionamiento adecuado de los mecanismos, operando libremente sin forzamientos.
  - c) Limpiar, asentar y apretar la tornillería y conexiones flojas.
  - d) Verificar que no haya desgaste excesivo en las piezas y/o cables, reemplazando cualquier parte rota, quemada, deformada o desgastada.
  - e) Revisar que los equipos tengan la calibración adecuada.

- *El Mantenimiento Mayor* se lleva a cabo cada mil horas o cada seis meses (lo que ocurra primero) de trabajo del equipo. En él se realizan todas las operaciones del mantenimiento menor más el mantenimiento completo a los siguientes equipos:

- a) Motor Eléctrico.
- b) Generador Eléctrico.
- c) Bombas de Transferencia.
- d) Flujómetro.
- e) Totalizador.

- *El Mantenimiento Correctivo* consiste en dar solución o corregir las fallas del sistema que surjan en el momento, es decir, las emergencias y fallas no previstas, ya sea dentro del taller o acudiendo al lugar donde se encuentra la unidad en problemas.

- *El Apoyo* consiste en brindar ayuda a las zonas que así lo requieran en cualquier punto del país; cabe mencionar que este tipo de mantenimiento no sólo se enfoca a los tanques para el transporte sino también a tanques estacionarios y de almacenamiento.

- *El Sistema de Carga y Descarga de Producto* es parte fundamental de los tanques para el transporte, ya que por medio de él se llenan las pipas y auto-tanques para distribuir el producto en forma líquida a los centros de llenado y a los clientes.

Este Sistema está compuesto por tres partes fundamentales: la parte eléctrica, la parte mecánica y la parte encargada de la medición. A pesar de que estas tres partes comprenden áreas diferentes de la ingeniería, son dependientes entre sí, ya que necesitan tener un correcto funcionamiento y coordinación para que se logre el perfecto funcionamiento del Sistema Principal.

- *El Sistema Eléctrico* está compuesto principalmente por: Tomas de fuerza, generadores, motores, motobombas, tableros de fuerza y de control.
- *El Sistema Mecánico* está compuesto principalmente por: Bombas de transferencia, válvulas y reguladores.
- *El Sistema de Medición* está compuesto principalmente por: indicadores de nivel, manómetros, flujómetros y totalizadores.

## **IV. DESARROLLO LABORAL.**

Mi desarrollo profesional, consiste en dar mantenimiento a los transportes criogénicos, enfocado particularmente al sistema de carga y descarga de producto, es decir de LOX (Oxígeno Líquido), LIN (Nitrógeno Líquido) y LAR (Argón Líquido), comprendiendo el MP (mantenimiento preventivo), MC (mantenimiento correctivo) y AP (apoyo), abarcando diferentes disciplinas de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista.

### **4.1 SISTEMA ELÉCTRICO.**

El sistema eléctrico de un transporte criogénico puede variar dependiendo si se trata de una Pipa o de un Auto-Tanque, ya que su alimentación se realiza de diferente forma. A continuación se mencionan las partes integrantes que integran el Sistema Eléctrico de cada uno:

- PIPA:
  - Clavijas Trifásicas tipo APJ: son utilizadas para la alimentación de los motores eléctricos y circuitos derivados. Estas clavijas proveen una desconexión rápida y segura del sistema, además de presentar un fácil manejo para su mantenimiento. Se conectan a un receptáculo de 220v o 440v colocado en el área del tanque por parte del cliente.
  - Tablero de Fuerza y Control: realiza la función de controlar la bomba para descarga del producto criogénico y está integrado básicamente por un interruptor termomagnético, un contactor magnético trifásico, un relevador de sobrecarga, un transformador de control, selectores de voltaje y rotación, un horómetro y estación de botones. De igual forma nos permite parar, arrancar y proteger el motor contra sobrecargas y cortos circuitos.
  - Motor Eléctrico: operan a dos voltajes (220v y 440v) debido a que los clientes manejan diferentes niveles de tensión en sus acometidas. Estos son Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla y dependiendo de sus características se conectan en Delta, Doble Delta y Estrella, Doble Estrella.
  - Motobomba: su funcionamiento y características son idénticas a las del Motor Eléctrico, la diferencia radica en que al motor se le acopla la bomba por medio de una caja de bandas, mientras que en la motobomba se

acopla la bomba directamente al motor, ya que la flecha del motor y la bomba son la misma.

- Auto-Tanque:
  - Generador Eléctrico: Alternador trifásico con salida de 460v girando a 3600 rpm, puede aceptar una sobre velocidad máxima de 6000 rpm como margen de seguridad. El sistema de excitación es de 12v de CD y la obtiene en principio de la batería de la unidad, pudiendo tener su sistema de auto excitación interno o externo.
  - Tablero de Control: cuenta con un Interruptor Termomagnético para protección del motor y del alternador, una estación de botones con contactos sostenidos para control de la motobomba; un circuito de excitación para los campos del alternador integrado por un transformador 440/12 v, un puente rectificador de ½ onda, diodos de protección y resistencia.
  - Motor Eléctrico: tiene una capacidad nominal de 30 HP a 7100 RPM, 460v. está totalmente cerrado y enfriado por aire, su velocidad puede ser variada de 6400 a 8000 RPM revolucionando la velocidad del alternador.
  - Motobomba: su funcionamiento y características son idénticas a las del Motor Eléctrico; la diferencia radica en que al motor se le acopla la bomba por medio de una caja de bandas, mientras que en la motobomba se acopla la bomba directamente al motor, ya que la flecha del motor y la bomba son la misma.

#### **4.1.1 Mantenimiento correctivo.**

El Mantenimiento Correctivo (MC) consiste en la corrección de la falla reportada por el operador de la unidad, pudiendo ser en el tablero de fuerza y/o control, en el motor eléctrico, en el receptáculo o en el alternador según sea el caso.

El primer paso es revisar el sistema para detectar en que parte se encuentra la falla, en algunas ocasiones con la experiencia adquirida, esto se puede deducir fácilmente a simple vista o con ayuda simplemente de un multímetro. Es recomendable comenzar siempre la revisión de lo más simple hasta lo más complejo.

Uno de los problemas que se dan con mayor frecuencia en mantenimiento correctivo es el siguiente: el operador reporta que “el motor simplemente no arranca”.

El procedimiento para la detección de la falla es diferente si se trata de una Pipa o un Auto-Tanque.

**Para el caso de una Pipa:**

1. Lo primero es revisar la toma de fuerza, es decir la clavija trifásica y el cable de alimentación que va de la clavija al tablero, con ayuda del multímetro se checa la continuidad para detectar algún corto circuito o algún falso contacto por cable trozado. De estar bien el cable, se revisa la clavija, se desarma y revisan sus bornes, sus tornillos de contacto y su correcta conexión observando que el cable verde (tierra) no esté haciendo contacto con alguna fase. Si esta parte del sistema está bien, el siguiente paso sería revisar el tablero.
2. Cualquiera de los dispositivos eléctricos con que cuenta el tablero podría presentar la falla que ocasiona el problema, por lo tanto hay que conocer el funcionamiento y características de cada elemento. Una vez que se conoce el funcionamiento de cada uno de sus elementos nos auxiliamos del diagrama eléctrico para seguir su secuencia de funcionamiento, pudiendo corregir el problema con la reparación o reposición del dispositivo.

De acuerdo al diagrama comienzo por lo más sencillo que es la estación de botones, pudiendo estar dañada o con algún cable suelto. A continuación reviso el contacto de platinos en el selector de voltaje, después el relevador de sobrecarga y/o los elementos térmicos que pudieran estar disparados, paso a la bobina del contactor y así sigo una secuencia de revisión con todos y cada uno de los elementos hasta encontrar la falla. De estar todo bien, el siguiente paso será revisar el motor eléctrico.

3. Finalmente llego al motor, revisando su conexión, alguna posible falla a tierra o alguna falla mecánica.

**Para el caso de un Auto-Tanque:**

1. Lo primero que hago es revisar que el interruptor termomagnético, debe de estar posicionado correctamente. De estar bien, se sigue el procedimiento anterior.

2. El siguiente paso es revisar la continuidad en los cables del sistema, esto es, la salida de 460v del alternador hacia el motor. Puede ser que los cables estén bien pero que no se este generando el suficiente voltaje, por lo tanto deduzco revisar el campo del generador.
3. Puede ser que la polarización del campo del alternador sea incorrecta o no le esté llegando el suficiente voltaje de excitación, etc.

Y así sucesivamente se sigue un método básico de revisión y corrección de fallas, como si se siguieran los pasos de una guía o instructivo, pero lo importante de esto es que con la experiencia que da el tiempo, uno mismo va desarrollando su propio método y habilidad para desempeñar rápido y correctamente su trabajo.

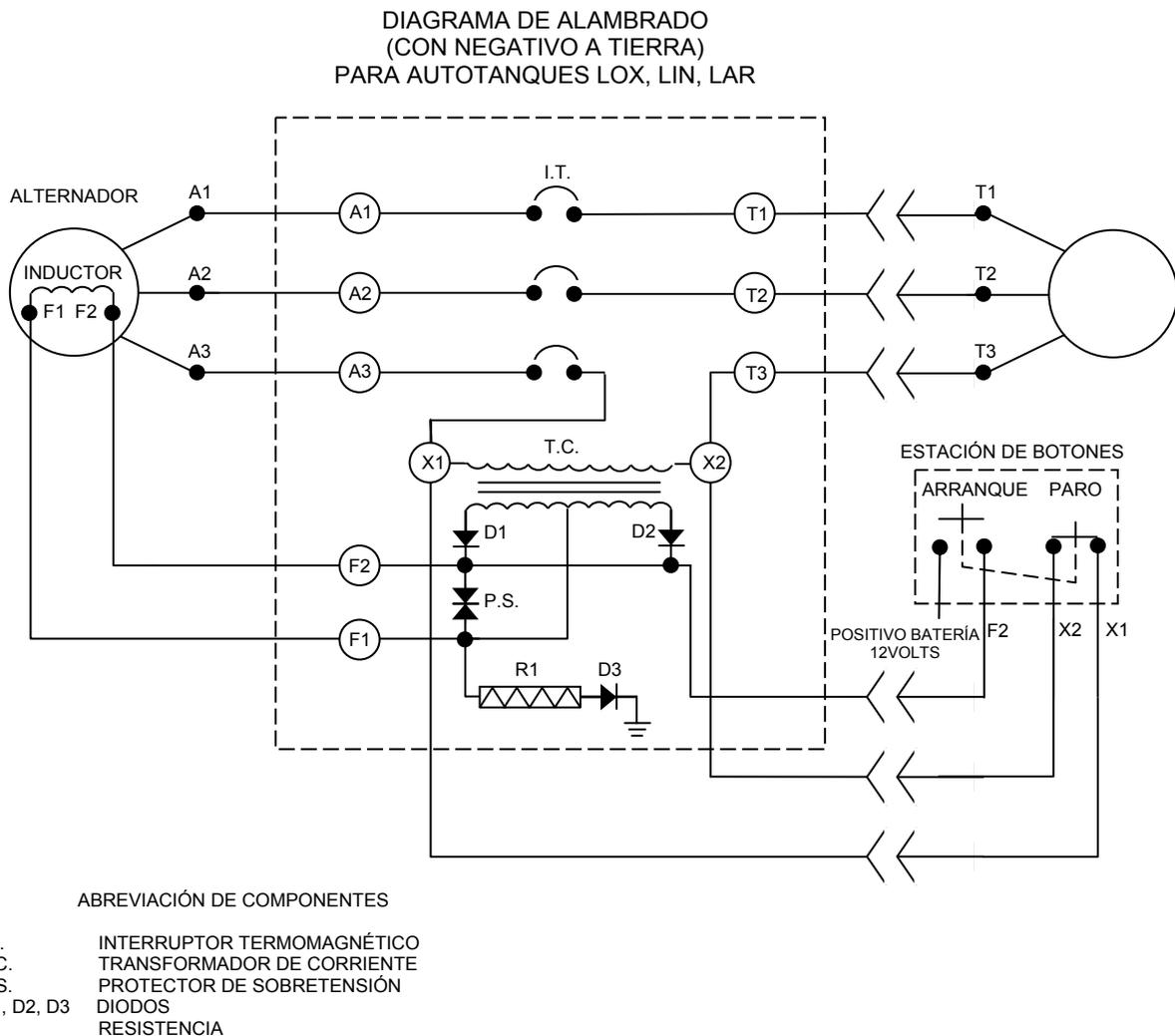


Figura 5. DIAGRAMA ELÉCTRICO (FUERZA Y CONTROL) DE AUTO-TANQUE

#### 4.1.2 Mantenimiento preventivo.

El Mantenimiento Preventivo (MP) a diferencia del MC tiene un procedimiento o programa estricto con el cual se debe cumplir. El MP para el sistema eléctrico se divide en dos partes: el mantenimiento menor y el mantenimiento mayor.

El **Mantenimiento Menor** se debe efectuar cada dos meses y se realiza de la siguiente manera:

Con equipo desenergizado:

1. Limpieza general del tablero.
2. Verificar el funcionamiento del horómetro y tomar lectura.
3. Revisión del contactor magnético: verificando el funcionamiento adecuado de los mecanismos.
4. Revisar que el relevador de sobrecarga tenga la calibración adecuada ya que por estar sujetos a movimientos sufren desajustes. Calibrarlos de acuerdo a los datos de la placa del motor.
5. Verificar que tanto el selector de rotación como el de voltaje giren libremente en ambos sentidos.
6. Apretar tornillería en todos los puntos de conexión. Las conexiones flojas ocasionan inconsistencia en la operación y aumentan el riesgo de una descarga eléctrica, además de contribuir a las interferencias electromagnéticas.
7. Limpiar y asentar todos los platinos móviles y fijos que existan en el sistema.
8. Reconectar cables sueltos.
9. Revisar los bornes de las clavijas y apretar los tornillos que sujetan los cables.
10. Verificar que el motor no tenga la base rota ni tornillos sueltos o faltantes. Se debe girar manualmente la flecha debiendo girar esta libremente. Detectar ruidos, resequedad en baleros, movimientos axiales o radiales excesivos.
11. Revisar que las escobillas del alternador no estén pegadas o que no tengan un desgaste excesivo.
12. Inspeccionar los anillos deslizantes del alternador, verificando que no tengan picaduras, superficie rugosa o pérdida de concentricidad.

Con equipo energizado:

1. Colocar el selector de rotación en la posición de neutro.
2. Conectar la clavija en el receptáculo adecuado para el nivel de tensión (220v o 440v) que se va a trabajar.

3. Accionar el selector de voltaje al nivel de tensión requerido, así como el selector de rotación para verificar el funcionamiento adecuado de los contactos de control en 220v y 440v del mismo selector.
4. Verificar que la lámpara de la caseta este encienda.
5. Accionar el botón de arranque del motor e inmediatamente pararlo, esto es con el fin de verificar el sentido del giro de la bomba, se debe esperar a que pare totalmente el motor y cambiar a la otra posición para hacer el cambio de giro.
6. La prueba con el motor funcionando debe hacerse por intervalos de tiempo muy cortos, pues la bomba al trabajar en vacío se daña en sus partes internas, principalmente los impulsores y el sello.
7. Conectar la toma de fuerza mecánica que mueve al generador y echarlo a andar para verificar su correcto trabajo y generación de energía eléctrica.

El **Mantenimiento Mayor** se lleva a cabo cada mil horas o cada medio año de trabajo del equipo. En él se realizan todas las operaciones del Mantenimiento Menor antes mencionadas, más la habilitación de tableros de reserva para emergencia y el mantenimiento completo a las máquinas eléctricas:

- Generador Eléctrico:

- Se efectúa cambio de baleros.
- Se revisan la flecha, poleas, banda, ventilador y bases.
- Se rectifican los anillos.
- Se cambian las escobillas, colocando un pedazo de lija del No. 1 entre las escobillas y los anillos con el lado abrasivo hacia la escobilla, esto para sentarlas correctamente buscando que al menos el 75% de su superficie este en contacto con el anillo.
- Se Meggea y barnizan los embobinados.
- Finalmente se limpia la carcasa y se pinta.

- Motor Eléctrico:



- Se efectúa cambio de baleros. Para el caso de las motobombas, se deben de lavar los baleros con percloroetileno para quitar todo indicio de grasa derivada del petróleo y sustituirla por grasa sintética Mobil # 28.

Figura 6-A. MOTOR ELÉCTRICO TIPO JAULA DE ARDILLA



Figura 6-B. MOTOR ELÉCTRICO CON BOMBA CRIOGÉNICA ACOPLADA POR CAJA DE BANDAS

- Se revisa y/o cambia la flecha, poleas, banda, ventilador y bases.
- Se Meggea y barnizan los campos.
- Finalmente se limpia la carcasa y se pinta.

- Habilitación de Tableros:

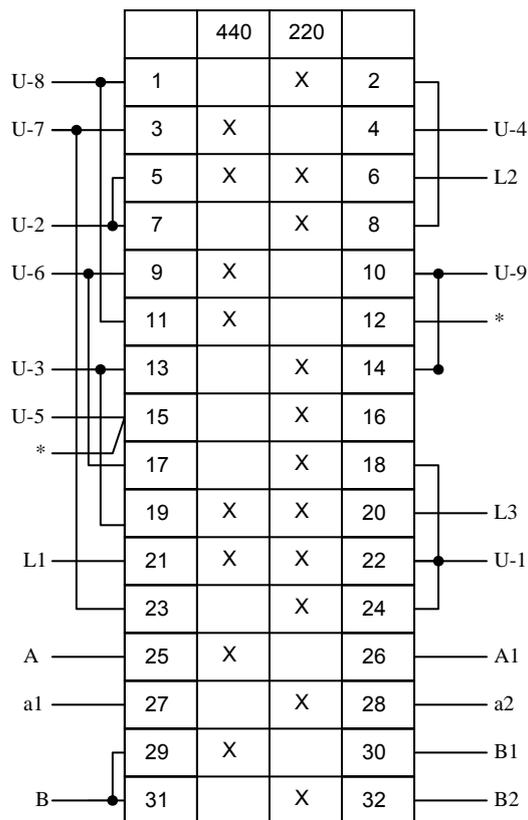


Figura 7. SELECTOR DE VOLTAJE  $\Delta/\Delta\Delta$

- Se examina cuidadosamente cada uno de los dispositivos, reparando o reponiendo la parte dañada.
- Se reponen piezas faltantes.
- Se cambia todo el alambrado siguiendo el diagrama eléctrico.
- Se habilitan los selectores de rotación y voltaje con ayuda de su respectivo diagrama.
- Etc.



Figura 8. TABLERO ELÉCTRICO DE PIPA CRIOGÉNICA HABILITADO Y LISTO PARA TRABAJAR

#### **4.2 SISTEMA MECÁNICO.**

El sistema mecánico de un transporte criogénico a diferencia del sistema eléctrico no presenta variación alguna entre los tipos de transporte, es decir, es igual tanto para una Pipa como para un Auto-Tanque. A continuación se enumeran las partes integrantes del Sistema Mecánico de Carga y Descarga de un Tanque Criogénico para el Transporte:

1. Bombas de Transferencia: son Bombas Centrífugas Criogénicas con la función principal de transferir el producto. Manejamos bombas de una y dos fases según sea necesario, están constituidas básicamente por una parte rotatoria que consta de impulsor y eje o flecha, y una parte estacionaria que está compuesta por la carcasa, sello mecánico y baleros. Pueden ser acopladas por caja de bandas o acopladas directamente al motor; teniendo un flujo de 100 GPM.

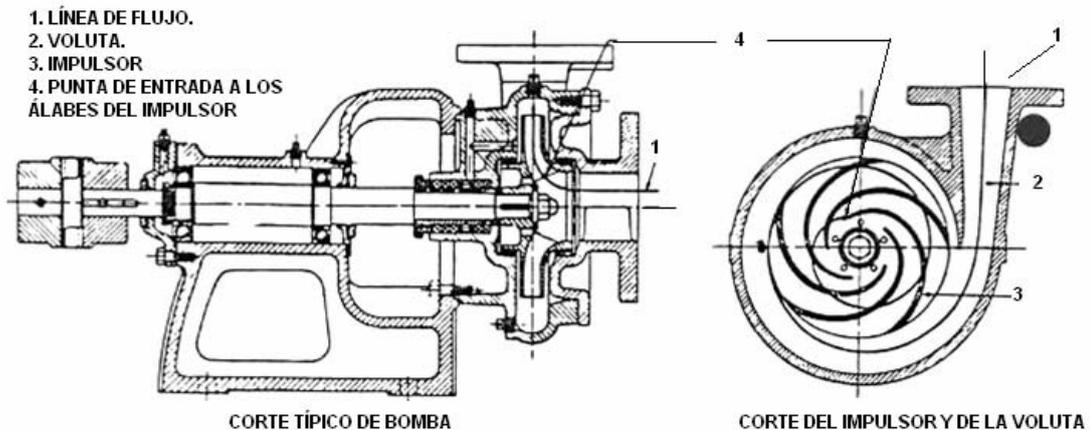


Figura 9. ESQUEMA DE BOMBA CENTRÍFUGA CRIOGÉNICA

2. Válvulas: Existen varios tipos de válvulas que se utilizan en mantenimiento criogénico, como:

- Válvulas de Paso o Regulatoras: se encarga de regular manualmente el paso de producto criogénico, permitiendo la entrada, salida y recirculación de este para la carga, descarga y venteo.
- Válvulas de Seguridad: garantizan que el recipiente sujeto a presión, no se sobrepresione, permitiendo liberar la presión cuando esta llega al límite de calibración que es la presión máxima de trabajo ( $3.0 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Discos de Ruptura: podrían entrar en la clasificación de válvulas de seguridad ya que su función principal es la de romperse en caso de una elevación extrema de presión y están calibrados a 1.5 veces la presión máxima de trabajo, la cual corresponde a la presión de prueba de recipiente.
- Válvulas de Alivio o de Relevo Térmico: permite el alivio automático de presión en las tuberías en el caso de que se llegara a entrapar líquido entre dos válvulas. Están calibradas a  $21 \text{ kg/cm}^2$  y su finalidad es proteger gasificadores, reguladores, válvulas y tuberías, en caso de que el líquido se quedara entrapado y al gasificarse incrementará la presión.

- Válvulas Check: impide el regreso del residuo de líquido contenido en la manguera a la hora de terminar la descarga, esto se logra por medio de un tapón papalote localizado en el interior de la válvula.
- Válvulas de Tres Vías: permite la selección de operación de los discos de ruptura, ya sea izquierda o derecha, y en cualquier posición siempre estará abierta.

3. Reguladores: Estos son una especie de válvulas que están diseñados (a diferencia de las anteriores) para regular el consumo y la salida constante de producto. Existen los denominados Reguladores de Relevo, Reguladores de Elevo y Reguladores de Consumo.

- Regulador de Elevo: Su cuerpo está fabricado en bronce, los sellos y O-Rings son de teflón, el resorte es de acero inoxidable y sus tornillos y tuercas de bronce. Su presión máxima de trabajo es de 400 psi (28.12 kg/cm<sup>2</sup>) y su temperatura de trabajo es de 150 °F (65 °C) a -320 °F (-195 °C)

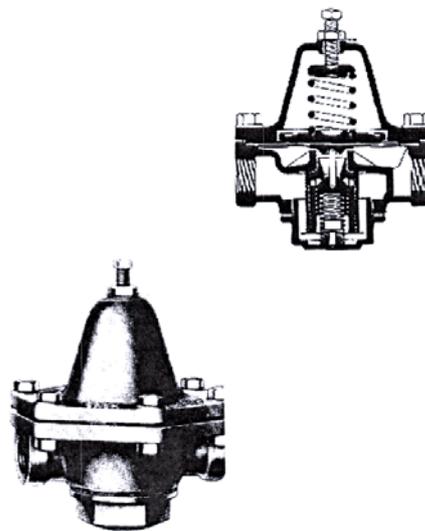


Figura 10. REGULADOR DE ELEVO

- Regulador de Consumo: Son comúnmente utilizados en sistemas de Manifolds y tuberías en hospitales; todas sus partes deben de estar perfectamente limpias para servicio de oxígeno. Su cuerpo está construido de aluminio forjado, el sello del disco y del diafragma son de neopreno. Su presión máxima de trabajo es de 400 psi.

- Regulador de Relevo: Su cuerpo está construido de bronce, el asiento es maquinado en acero inoxidable, el diafragma en bronce fosforado, los sellos de diafragma y O-Rings son de teflón, el resorte es de acero inoxidable y las tuercas y tornillos de sujeción están hechos de bronce. Su presión máxima de trabajo es de 400 psi (28.12 kg/cm<sup>2</sup>) y su temperatura de trabajo es de 150 °F (65 °C) a -320 °F (-195 °C)

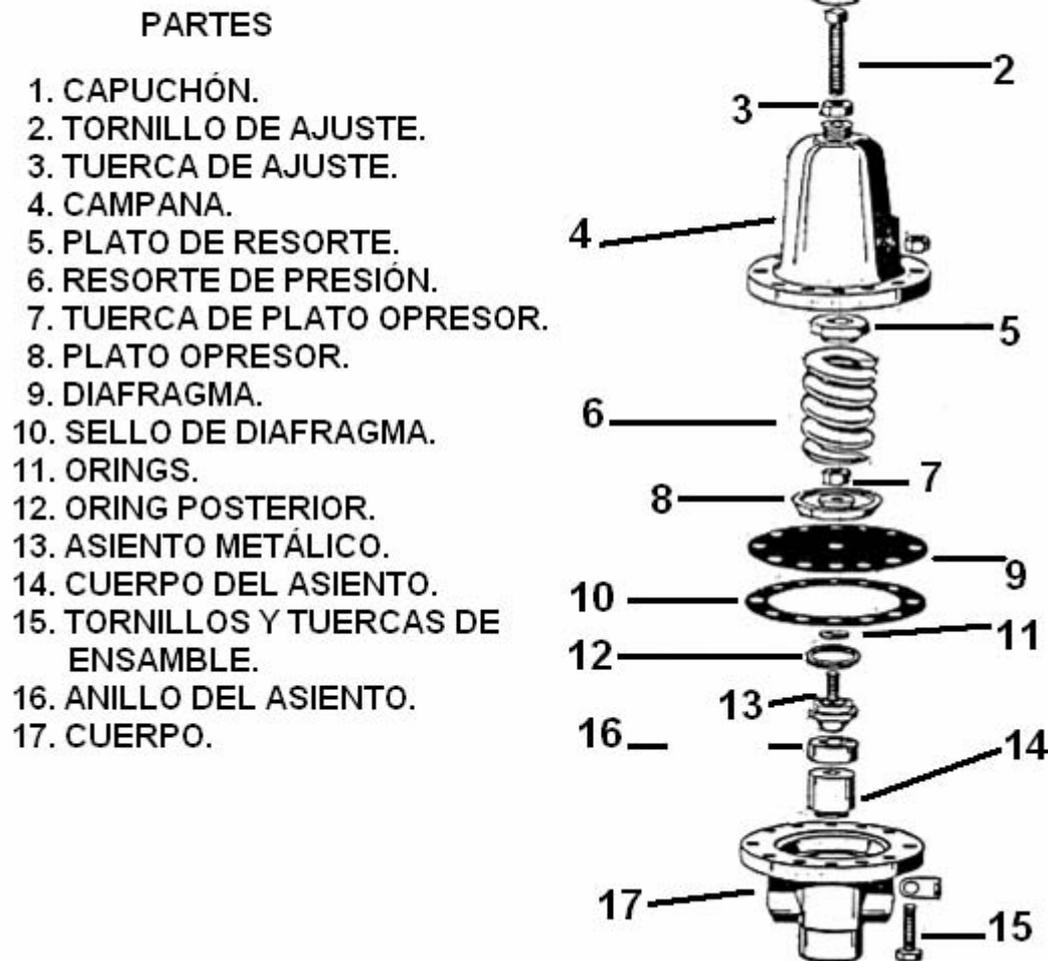


Figura 11. PARTES QUE CONFORMAN UN REGULADOR DE RELEVO

#### **4.2.1 Mantenimiento correctivo.**

El MC para el Sistema Mecánico consiste en la solución inmediata de problemas ya sea en el área designada para el mantenimiento o acudiendo al lugar donde se encuentre el tanque. Las fallas ocurren frecuentemente en la Bomba Centrífuga Criogénica y en menor proporción en el resto del sistema.

Las fallas principales que presentan las bombas de transferencia son por atascamiento de la bomba impidiendo su libre giro y fuga de producto, dando el mantenimiento en el lugar donde se encuentre el tanque, reparando la falla o sustituyendo la bomba.

El procedimiento de trabajo es el siguiente:

1. Se gira manualmente la flecha de la bomba para detectar forzamientos, rozaduras o algún ruido extraño. Así podemos deducir en donde se encuentra la falla.
2. Utilizamos nuestra herramienta designada únicamente al mantenimiento de bombas; no se requiere que sea especial o diferente a la ordinaria, pero sí de herramienta totalmente limpia con cero indicio de grasa de cualquier tipo, esto por el riesgo que representa el trabajo con el oxígeno, ya que al ser un excelente comburente la mezcla con algún hidrocarburo (aceite o grasas derivados del petróleo) puede provocar una rápida explosión. Por lo tanto, contamos con dos juegos de herramientas, una para uso en el taller y otra para uso en el laboratorio de bombas.
3. Se procede a desmontar la voluta para examinar los componentes internos de la bomba y comenzar a llenar nuestro reporte. Se observa el estado físico de todas y cada una de las piezas que la componen, chequeando principalmente el desgaste de las piezas para deducir a que se debe la falla: puede tratarse del sello, los baleros, la flecha, etc.

A continuación se muestran las partes principales que constituyen uno de los tipos de bombas centrífugas criogénicas utilizadas.

## LISTA DE PARTES

### PARA BOMBA 1x2x6 – 2 ETAPAS

#### MODELO B.B.

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1.- CUÑA PRIMER IMPULSOR.           | 28.- PERNO GUÍA.                   |
| 2.- CUÑA DEL SEPARADOR O INDUCTOR.  | 29.- CAJA DE BALEROS.              |
| 3.- TORNILLO DE IMPULSOR.           | 30.- BALERO DE CARGA AXIAL.        |
| 4.- LAINA DE SEGURIDAD.             | 31.- BALERO EXTREMO POLEA.         |
| 5.- SEPARADOR O INDUCTOR.           | 32.- FLECHA.                       |
| 6.- ESPACIADOR.                     | 33.- CUÑA DE POLEA.                |
| 7.- TORNILLO DE DIFUSOR.            | 34.- TAPA DE BALERO EXTREMO POLEA. |
| 8.- RONDANA DE PRESIÓN.             | 35.- TORNILLO.                     |
| 9.- TORNILLO O BIRLO.               | 36.- RONDANA DE PRESIÓN.           |
| 10.- RONDANA DE PRESIÓN.            | 37.- RONDANA PLANA.                |
| 11.- RONDANA PLANA.                 | 38.- TUERCA DE BALEROS.            |
| 12.- ENSAMBLE DE BOLUTA.            | 39.- ESPACIADOR DE BALEROS.        |
| 13.- EMPAQUE DE HOUSING DE SUCCIÓN. | 40.- INSERTO DE EMPUJE AXIAL.      |
| 14.- LAINAS DE AJUSTE.              | 41.- TORNILLO.                     |
| 15.- SELLO MÓVIL.                   | 42.- EMPAQUE DE BOLUTA.            |
| 16.- ANILLO DE DESGASTE.            | 43.- EMPAQUE DE SELLO FIJO.        |
| 17.- HOUSING INTERMEDIO.            | 44.- IMPULSOR SEGUNDA ETAPA.       |
| 18.- BIRLO.                         | 45.- TORNILLO DE SELLO             |
| 19.- TUERCA.                        | 46.- CUÑA SEGUNDO IMPULSOR.        |
| 20.- SELLO FIJO.                    | 47.- DIFUSOR.                      |
| 21.- DEFLECTOR.                     | 48.- IMPULSOR PRIMERA ETAPA.       |
| 22.- PRISIONERO DE DEFLECTOR.       | 49.- BUJE SEPARADOR DE IMPULSORES. |
| 23.- SELLO SECUNDARIO.              | 50.- RESORTE.                      |
| 24.- TAPA DE BALERO EXTREMO BOMBA.  | 51.- ENSAMBLE DE BOLUTA.           |
| 25.- BALERO EXTREMO BOMBA.          | 54.- TUERCA.                       |
| 26.- SEGURO DE BALERO.              | 55.- RONDANA DE PRESIÓN            |
| 27.- INSERTO DE VALEROS.            | 56.- RONDANA PLANA.                |

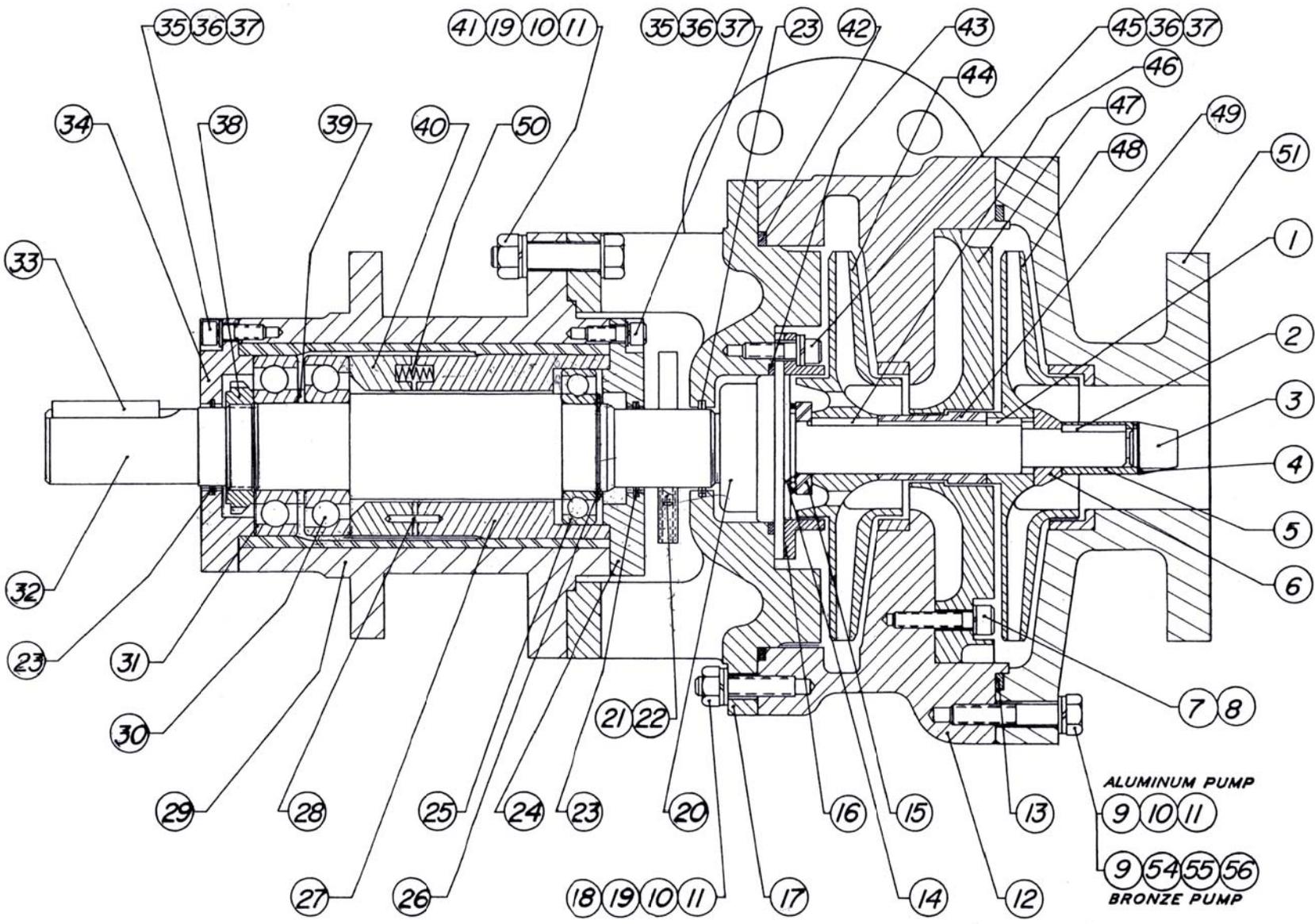


Figura 12. ESQUEMA DE BOMBA CENTRÍFUGA CRIOGENICA 1X2X6-2S

4. Si el problema es en los baleros o la flecha, se desmonta la bomba y se coloca otra en su lugar. Si el problema es en el sello criogénico, se desmonta y se coloca un sello nuevo, proporcionando (con ayuda de las lanas de ajuste) su respectiva tolerancia de compresión.
5. Se lavan todas las piezas con percloroetileno para borrar todo indicio de grasa. Es estrictamente necesario utilizar goggles y mascarilla como medida de seguridad.
6. Se procede a reensamblar la bomba con sus respectivas especificaciones y tolerancias de juego axial, concentricidad, etc.; Además de dar el apriete específico a todos y cada uno de los tornillos con ayuda de un torquímetro.

Cuando la falla se presenta en alguna válvula o regulador, el procedimiento es el siguiente:

1. Se busca la falla y el motivo de ésta, pudiendo ser principalmente por congelamiento o por apriete excesivo, lo cual ocasiona:
  - a) Rotura de Volantes.
  - b) Fractura o torcedura de Vástago.
  - c) Fractura de Funda por palanqueo.
  - d) Deformación (barrido) de la cuerda del Bonete.
  - e) Deformación de la Tuerca Unión.
  - f) Barrido de cuerda de la Tuerca Unión con el Cuerpo de la Válvula.
  - g) Fractura de Porta Empaque.
  - h) Problemas en el asiento.

Para entender mejor de que estamos hablando se muestra la siguiente figura:

1. TUERCA VOLANTE
2. RONDANA DE IDENTIFICACIÓN
3. VOLANTE
4. VASTAGO
5. ESTOPERA
6. PRENSA ESTOPA
7. EMPAQUE DE TEFLON
8. CABEZA
9. TUERCA UNION
10. PORTA DISCO
11. DISCO DE TEFLON
12. TUERCA DISCO
13. CUERPO

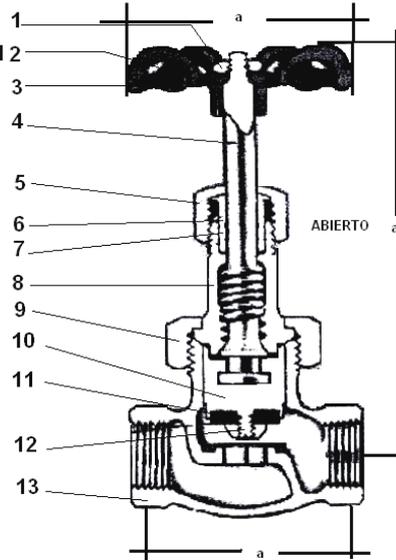


Figura 13. VÁLVULA DE PASO O REGULADORA

2. A continuación (de ser necesario) se descongela perfectamente el cuerpo de la válvula a la que se le dará mantenimiento para poder abrirla, cerrarla y desmontarla sin requerir de mucha fuerza.
3. Se examina cuidadosamente cada una de sus partes, reparando o cambiando las que se encuentren dañadas; el asiento debe de embonar perfectamente y de no ser así se precede a darle la forma correcta con ayuda del torno.
4. Se reensambla la válvula recordando siempre apretar bien los estoperos, ya que de no ser así provocaremos fugas de producto y entrada de agua al tubo de extensión ocasionando la formación de hielo en el interior.
5. Las válvulas de seguridad y los reguladores dañados siempre se reemplazan para darle mantenimiento mayor.
6. Si se trata de válvulas de alivio dañadas, éstas se reemplazan totalmente y se mandan al almacén.

#### 4.2.2 Mantenimiento preventivo.

El MP para las bombas criogénicas a diferencia del MC no tiene un programa estricto que cumplir. La cantidad y grado de mantenimiento que se requiera depende sobre todo de la naturaleza del uso de la bomba, por tanto las prácticas de mantenimiento preventivo deben determinarse en gran parte por el usuario.

En el departamento de Mantenimiento Criogénico, se ha elaborado un plan de MP a bombas criogénicas que se lleva acabo cada año o cada mil horas de trabajo efectivo, lo que ocurra primero. Es importante mencionar que para la elaboración de dicho programa, se tomó como antecedente la vida útil del sello criogénico y de los baleros.

1. El sello criogénico tiene un tiempo de vida de seis meses pero, si la bomba se mantiene dentro de las tolerancias descritas por el fabricante y la operación es adecuada, la vida útil se prolonga alrededor de un año.
2. Anteriormente se usaban baleros sin tapa, lo que requería un engrasado periódico sin contar con el exceso de grasa incrustada en el embobinado del motor, provocando calentamiento del mismo y condiciones inseguras.

Actualmente, se utilizan baleros sellados que no requieren reengrasado, evitando así escurrimientos de grasa a otras partes del equipo. La vida útil de estos baleros es indefinida pero por experiencia se determinó un año o mil horas de vida útil, ya que después de este tiempo se presentan fallas como: vibración, calentamiento, desgaste axial, desconchado, entre otras.

Para una operación satisfactoria se recomiendan las siguientes inspecciones:

- a) Mensualmente hacer una inspección visual de la bomba.
- b) Cada seis meses inspeccionar el ensamble del sello y reemplazarlo si es necesario, haciendo las mediciones convenientes en cualquier caso.
- c) Anualmente desmontar y checar todo el equipo, inspeccionando todos sus componentes:
  - i. Revisar desgaste u otras condiciones de falla
  - ii. Reemplazar el Sello.
  - iii. Reemplazar Baleros.
  - iv. Reemplazar componentes en mal estado.
  - v. Registrar todos los datos y observaciones en la bitácora de la bomba.

A continuación se presenta el procedimiento de limpieza y habilitación de MP para las bombas criogénicas:

1. Una vez desmontada la bomba, se lleva al Laboratorio de Bombas Criogénicas el cual está dividido en dos secciones: área de desensamble y área limpia o de ensamble; esto es para lograr toda la limpieza posible a la hora de ensamblar la bomba, recordando que el uso de oxígeno requiere limpieza clase AAA.
2. Una vez en el área de desensamble, se procede a desmontar la voluta para hacer un análisis de los componentes internos de la bomba descritos en la figura 13 y comenzar a llenar nuestro reporte.



Figura 14. DESENSAMBLE DE BOMBA CENTRÍFUGA CRIOGÉNICA

3. Ya examinadas detenidamente todas y cada una de las piezas, se procede a lavarlas:
  - a. Se separan las partes integrantes de la bomba en partes externas e internas.
  - b. Todas las partes externas se lavan manualmente en una tina con fibra y acondicionador de metales; posteriormente, se pasan a otra tina donde se enjuagan manualmente con fibra y agua corriente.
  - c. Una vez lavadas las piezas externas, se procede a lavarlas junto con las piezas internas manualmente en otra tina con fibra y Percloroetileno.

- d. El siguiente paso es someter las piezas a un ultrasonido, esto es, lavarlas por inmersión en Blue Gold o Percloroetileno dentro de una tina a base de vibraciones ultrasónicas a alta temperatura. El objetivo de esto es lograr una limpieza total (cero grasa) inclusive en las partes o superficies inaccesibles.



Figura 15. TINA DE ULTRASONIDO

- e. Una vez aplicado el ultrasonido, se seca cada pieza con papel filtro blanco, mientras se inspecciona con luz negra para verificar la ausencia de aceites y cualquier tipo de material fluorescente.
4. Todos los baleros necesarios correspondientes a cada tipo de bomba, se destapan, se lavan con Percloroetileno y se les cambia la grasa contenida por grasa sintética Mobil #28.
  5. Una vez habilitados los baleros, dentro del cuarto limpio, se procede a reensamblar la bomba con sus respectivas especificaciones y tolerancias de juego axial, concentricidad, etc. Además se da el apriete específico a todos y cada uno de los tornillos con ayuda de un torquímetro.
  6. Ya lista la bomba, se sellan sus tomas de carga y descarga y se colocan en el Rack de Bombas para ser utilizadas cuando se requieran o, se devuelven a su

respectiva zona de trabajo. En este laboratorio se da mantenimiento preventivo a varias bombas de las diferentes plantas existentes en el país.



Figura 16. RACK DE BOMBAS CENTRÍFUGAS CRIOGÉNICAS

El MP para el resto del sistema mecánico, es decir, para las Válvulas en general y Reguladores se lleva a cabo cada 6 meses observando y reparando todos los detalles que puedan causar problemas, reparando y/o cambiando la pieza o la parte que se cree podría causar problemas al sistema.

Para el caso de las Válvulas de Seguridad y las Válvulas de Alivio, el mantenimiento se hace sustituyendo la válvula total e invariablemente para ser recalibradas, aún cuando abran adecuadamente, esto es porque son consideradas un dispositivo vital dentro del Sistema de Seguridad del Tanque ya que ellas garantizan que el recipiente sujeto a presión, no se sobreprese y, por consecuencia garantizan la seguridad del personal, los equipos y la integridad del tanque.

#### **4.3 SISTEMA DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN.**

El sistema de Medición e Instrumentación es el encargado de cuantificar y totalizar la presión y el producto contenido y descargado. Está integrado por:

- Indicador de Nivel.
- Manómetros.
- Flujómetro y Totalizador.

- El *Indicador de Nivel* es un instrumento que mide la presión ejercida por la columna de líquido dentro del recipiente por medio de la diferencia de presión comprendidas entre la parte superior e inferior del tanque dando como resultado una indicación. Por lo anterior, no es un aparato que indique el porcentaje de producto, ya que en ocasiones después de llenar el tanque se observan diferentes lecturas en el Indicador de Nivel debido a la temperatura y densidad del producto.

Por lo tanto, el indicador de Nivel es un dispositivo mecánico que mide la presión diferencial relativa causada por variaciones en el nivel de líquido en el recipiente del proceso.

La unidad de presión diferencial, consta de dos fuelles metálicos ensamblados en lados opuestos de una placa central comunicados internamente; vienen llenos de un líquido no corrosivo (Flourolub), incompresible y de bajo punto de congelación, un resorte de rango, válvula de sobrerango, un ensamble de tubo de torsión y dos cajas de presión que encierran a los fuelles. Las cajas de presión están conectadas por medio de tubo o tubing desde la fase líquida y gaseosa localizada en el tanque interior.

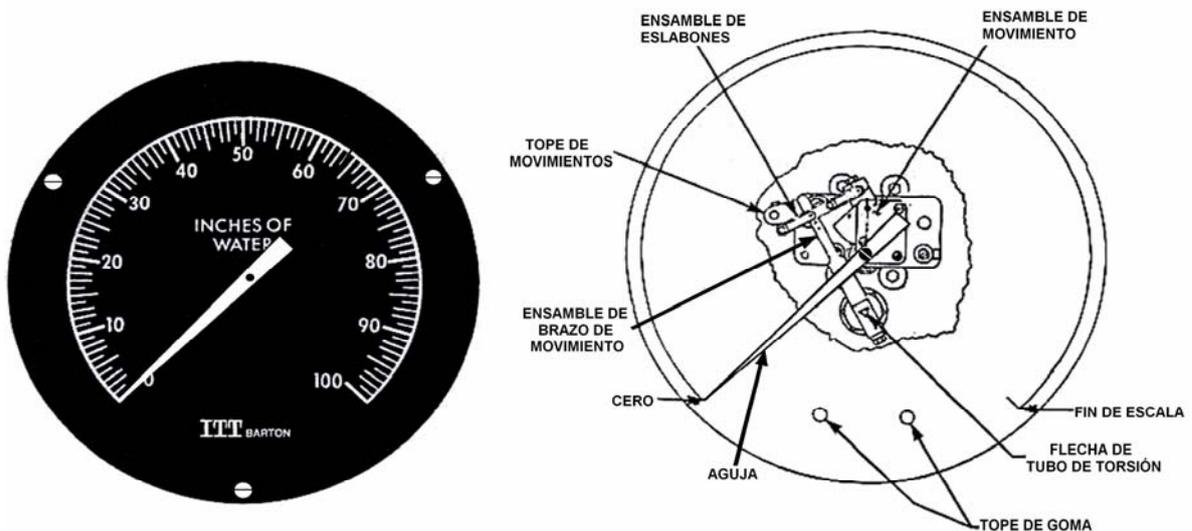


Figura 17. CARÁTULA Y MECANISMO DEL INDICADOR DE NIVEL

- El *Manómetro* es un instrumento que nos indica tanto la presión que existe en la parte interna del tanque como la presión a la que se está sometiendo la bomba, nos ayuda a controlar la presión durante el llenado y descarga del tanque.
- El *Flujómetro* y *Totalizador* trabajan conjuntamente, se consideran un equipo mecánico-electrónico.
  - o El Flujómetro es un dispositivo de medición volumétrico que mide la velocidad del fluido con sólo un componente en movimiento: el rotor. El flujómetro se compone de:
    - Sensor de Temperatura RTD.
    - Bobina de Pulsos SCI.
    - Turbina de Flujo.
    - Conexiones.
    - Tubo-extensión.
  - o El Totalizador es un equipo electrónico el cual totaliza (integra) el flujo de producto que pasa por el medidor (flujómetro) a la hora de la descarga, indicando éste en cualquier unidad ingenieril. Se manejan dos modelos diferentes de Totalizador, el T650N y el T675.



Figura 18. TOTALIZADOR T650N y T675

Al pasar flujo por la turbina, ésta genera una señal senoidal de corriente alterna dentro de la bobina de pulsos localizada directamente sobre el rotor de la turbina. La señal de la bobina es amplificada, dividida, corregida y mostrada por el totalizador. El total indicado es corregido por temperatura detectando la resistencia del sensor de temperatura RTD.

#### **4.3.1 Mantenimiento correctivo.**

Para el caso de los manómetros la falla reportada siempre es la misma: una nula indicación de aguja. Siempre se cambia la pieza, esto porque el manómetro es prácticamente desechable.

Para el caso de los Indicadores de Nivel, las fallas reportadas siempre son en la indicación de la aguja pudiendo ser:

- Indicación baja o sin indicación.
- Indicación alta.
- Indicación errática.
- Aguja debajo de cero.
- Aguja arriba de cero.

Para estos casos, primero se revisan las válvulas, tuberías y conexiones con detector Sherlock rebajado seis milímetros por cada litro de agua para localizar posibles fugas que originen la falla en el sistema. Si se localiza alguna fuga o falla en esta parte, se procede a repararla inmediatamente; de no encontrarse fallas de este tipo, se cambia totalmente la pieza para interrumpir lo menos posible el proceso de distribución.

#### **Prácticas generales:**

- AJUSTE DE AGUJA A CERO.

Retirar el bisel y el cristal, hacer el ajuste girando hacia la izquierda o derecha el tornillo micrométrico que se encuentra a un lado de la aguja.

- MECANISMO ATASCADO.

Retirar el bisel, el cristal, la aguja indicadora, los tornillos que sujetan la carátula y la misma; observar en el sistema transmisor de movimiento si hay alguna pieza en

malas condiciones, limpiarla y reponerla; de no estar funcionando se retira para reparación en taller.

- FUGAS EN CAJAS DE PRESIÓN.
  - Retirar la caja afectada.
  - Revisar el estado del O'ring; si es necesario reemplazarla, limpiar perfectamente la cara y bisel de la caja y placa central, colocar el O'ring y ensamblar.
  - Checar fugas.



Figura 19. INDICADOR DE NIVEL Y MANÓMETROS

Posteriormente se reparará la falla en el mecanismo interno, para así tener el Indicador de Nivel en condiciones óptimas como reserva para otro caso en el que se requiera cambiarlo.

En el caso del flujómetro y totalizador, las fallas que más se presentan son cuando no enciende el indicador o éste sí enciende pero no contabiliza. Para estos casos depende del modelo de totalizador con que cuente el tanque.

- Para el Totalizador Modelo T675: es una unidad totalmente sellada, que no posee ningún componente reemplazable, por lo cual no tiene reparación en caso de falla interna. Ahora bien, en cuanto a las fallas externas al totalizador, éste presenta dentro de su Menú de Programación un Archivo de Alarmas del Sistema.

El objetivo de este menú, es mostrar un archivo cronológico de 16 alarmas del sistema dividido en dos grupos de 10 eventos. Cada línea contiene la fecha, hora y descripción de la falla. El Archivo de Alarma página 1 contiene los más recientes eventos listados de arriba hacia abajo. Después de más de 10 eventos, el listado más viejo de la página 1 es transferido al Archivo de Alarma página 2. El mensaje Empty (Vacío) indica que menos de 10 eventos han sido registrados en esa página.

```

*****
***** Alarm Log pg. 1 *****
*
* 21-Mar-00 18:48 -Coil open
* 08-Sept-99 17:20 -RTD short
* 12-May-99 16:16 -Low power
* 16-Feb-99 10:51 -Tloop short
* 13-Oct-98 06:35 -Coil open
* 11-Jul-98 14:25 -Tloop open
* 15-Apr-98 09:42 -Low batt
* 03-Feb-98 07:33 -RTD open
* 31-Jan-98 01:15 -Coil short
* 11-Nov-97 20:30 -Low power
*
* Press any key to continue
*****

***** Alarm Log pg. 2 *****
*
* 25-Jun-97 13:45 -RTD short
* 16-Feb-97 10:15 -Coil open
* Empty
*
* Press any key to continue
*****

```

Figura 20. ARCHIVO DE ALARMAS DEL SISTEMA

La tabla siguiente detalla los parámetros de alarma disponibles para archivo y sus respectivos límites; de esta forma, se nos facilita la detección de la falla y podemos actuar más rápido.

| <b>Alarma del sistema</b>           | <b>Causa de Alarma</b>   |
|-------------------------------------|--|
| Low Power (Bajo voltaje)            | Low input power below 8.75v (menor a 8.75 volts)                   |
| Low batt (Baja batería)             | Backup battery voltage below 8.5v (menor a 8.5 volts)              |
| Coil short (Bobina en corto)        | Pickup coil resistance below 250 ohms (menor a 250 ohm)            |
| Coil open (Bobina abierta)          | Pickup coil resistance above 2500 ohms (mayor a 2500 ohm)          |
| RTD short (RTD en corto)            | RTD probe resistance below 100 ohms (menor a 100 ohm)              |
| RTD open (RTD abierta)              | RTD probe resistance above 2000 ohms (mayor a 2000 ohm)            |
| Tloop Short (lazo temp en corto)    | Temperature loop current is above 35mA (corriente mayor a 35 mA)   |
| Tloop open (lazo temp abierto)      | Temperature loop current is below 4.0mA (corriente menor a 4.0 mA) |
| Ploop Short (lazo presión en corto) | Pressure loop current is above 35 mA (corriente mayor a 35 mA)     |
| Ploop open (lazo presión abierto)   | Pressure loop current is below 4.0 mA (corriente menor a 4.0 mA)   |

Figura 21. PARÁMETROS DE ALARMA DISPONIBLES PARA ARCHIVO

- Para el Totalizador Modelo T650N: es una unidad no sellada, por lo tanto el procedimiento de detección de fallas es diferente al anterior:

1) Verificar que todas las conexiones sean correctas y hagan buen contacto.

- 2) Abrir el gabinete de la unidad y verificar que el control de sensibilidad (R1) se encuentre en el punto medio marcando las 11; esta referencia es observando el control desde donde se aprecia completamente la manecilla color gris. Se oprime el botón S9 y se observan todos los diodos de la barra (LEDs) y los indicadores.
- 3) Seleccionar el diagrama de falla más apropiado y siga las instrucciones del mismo.

| SÍNTOMA  | DIAGRAMA                 |
|--|--------------------------|
| No enciende el indicador   | SCI – T650N – 04         |
| Indicador encendido – No contabiliza                                       | SCI – T650N – 05         |
| Indicador encendido y contabiliza – el Contador Acumulativo no contabiliza | SCI – T650N – REV C – 06 |

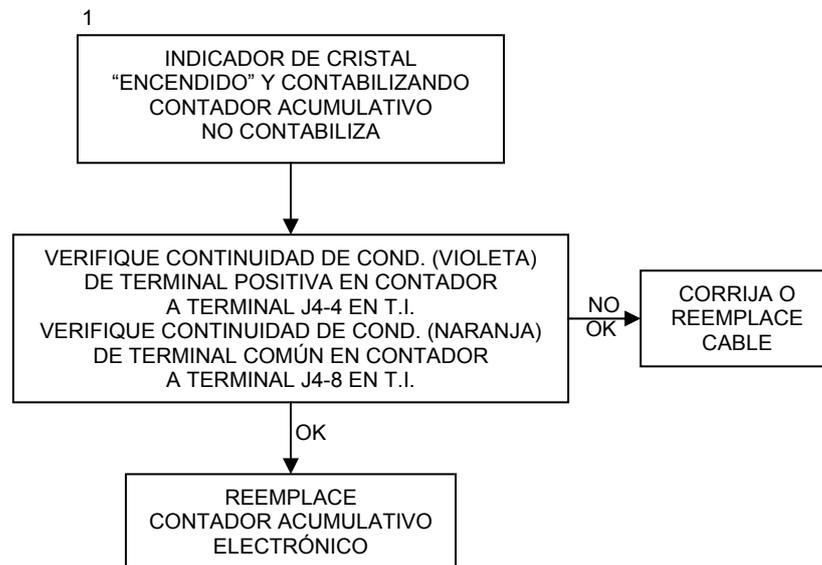


Figura 22. DIAGRAMA DE DETERMINACIÓN DE FALLA "SCI-T650N-REVC-06"

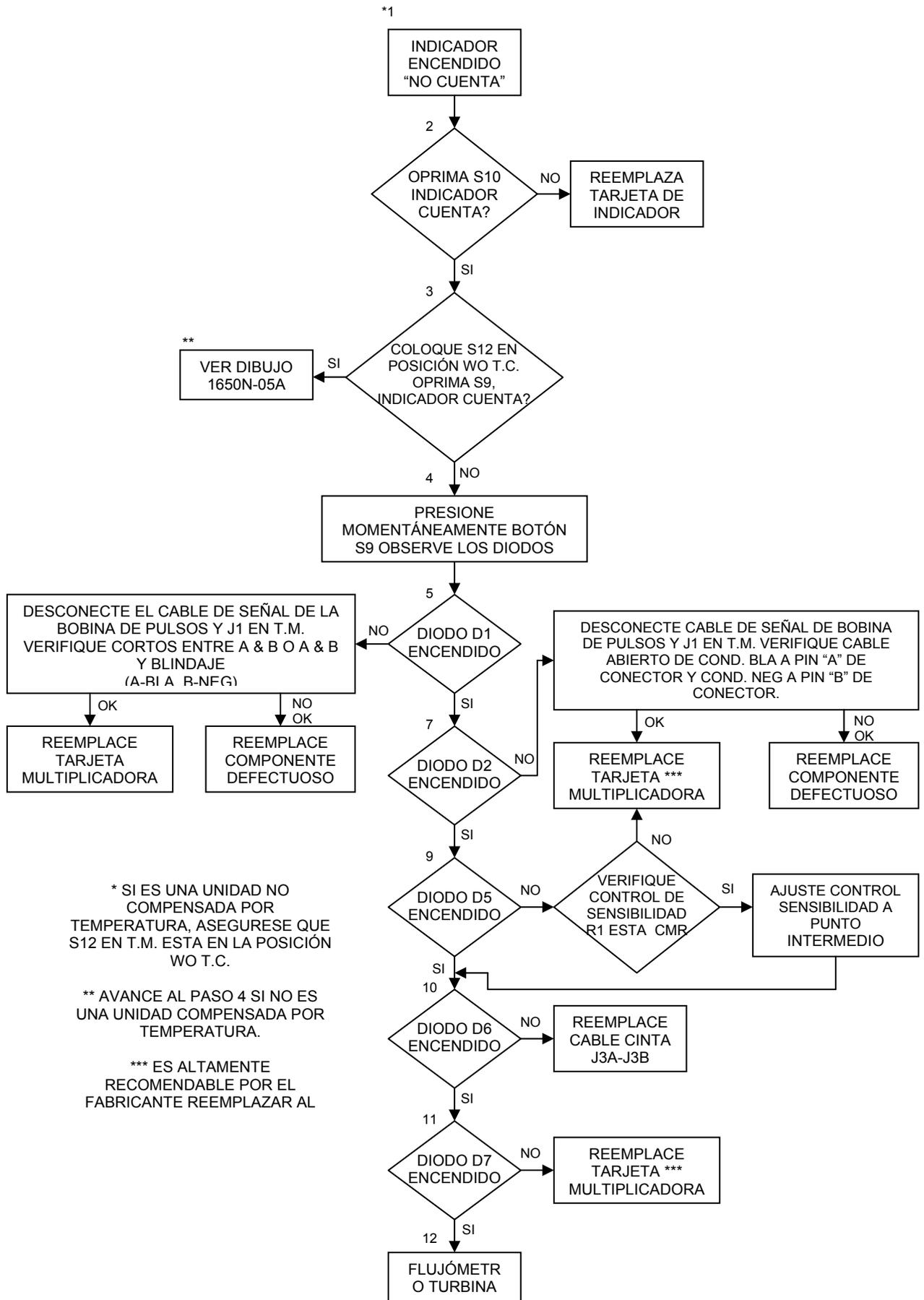
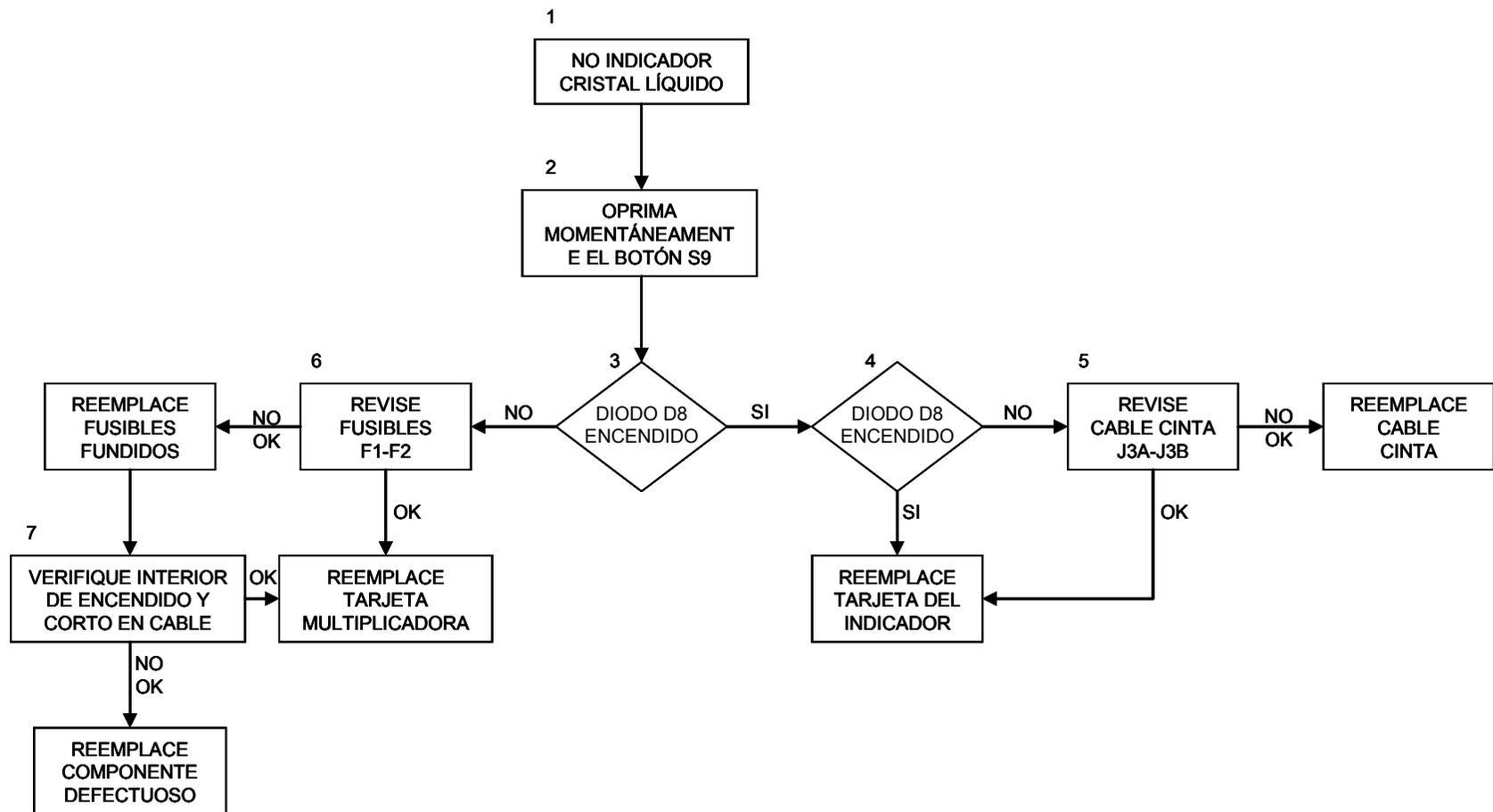


Figura 23. DIAGRAMA PARA DETERMINACIÓN DE FALLA "SCI-T650N-05"



SI EL DIODO D8 ESTA APAGADO, LOS DIODOS D9 Y D10 DEBEN ESTAR TAMBIEN APAGADOS  
 ES ALTAMENTE RECOMENDABLE POR EL FABRICANTE REEMPLAZAR AL MISMO TIEMPO  
 (EN JUEGOS) LAS TARJETAS 650D & 650F

Figura 24. DIAGRAMA PARA DETERMINACIÓN DE FALLA "SCI-T650N-04"

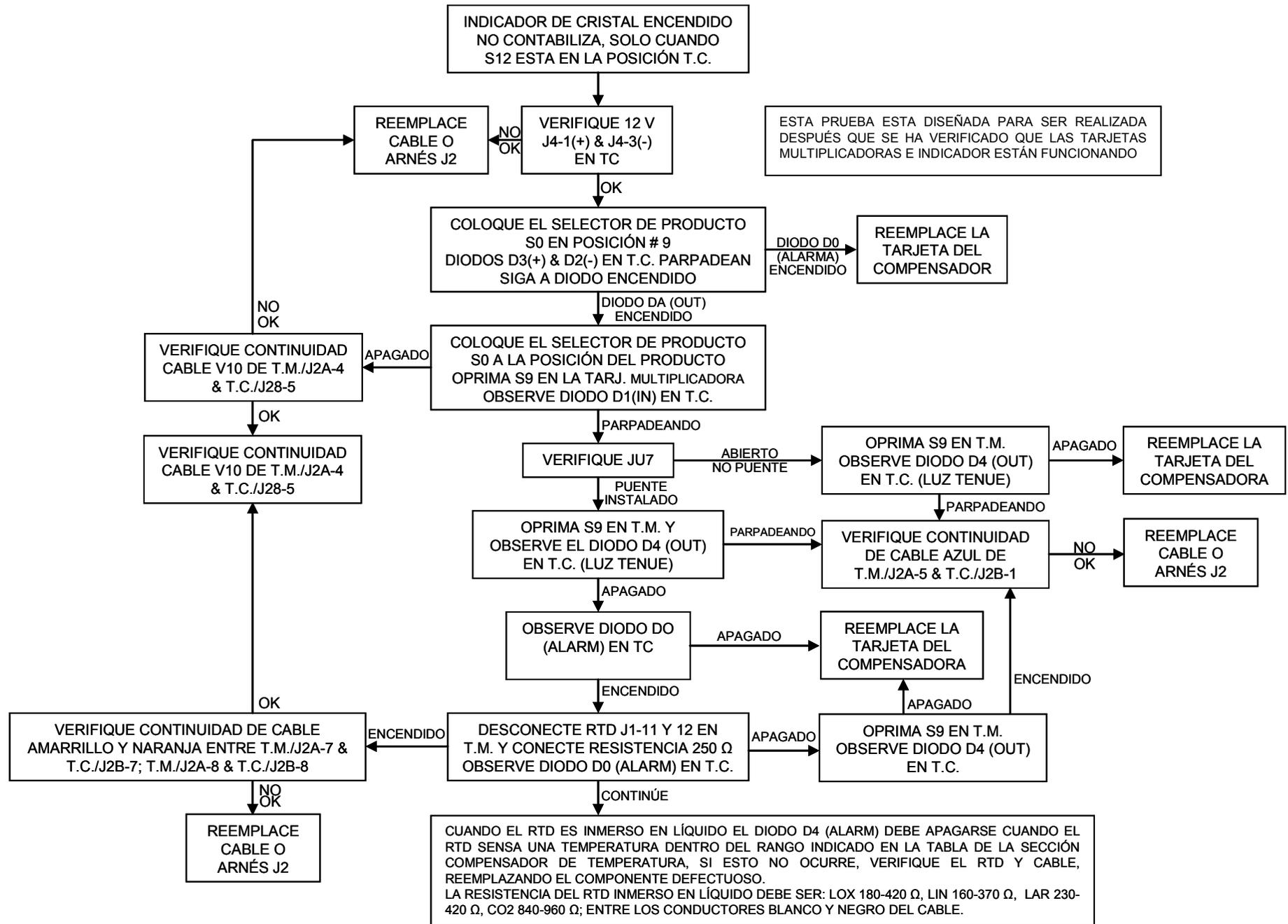


Figura 25. DIAGRAMA DE DETERMINACIÓN DE FALLA "SCI-T650N-05A"

- Para ambos Totalizadores: independientemente del modelo de totalizador, se llegan a presentar fallas en las cuales no nos ayudan de mucho los diagramas anteriores o los Archivos de Alarma. Por ejemplo:

En ocasiones cuando está fallando la válvula check, entra un poco de humedad al flujómetro, provocando cristalizaciones en la turbina del mismo, impidiendo que se pueda contabilizar la descarga.

Menciono esto para demostrar que no sólo es cuestión de ver el diagrama o archivo de fallas, es decir, nos podemos basar en él sobre todo cuando apenas se va conociendo el sistema pero conforme se va adquiriendo experiencia se puede conocer la falla y deducirla aunque este conocimiento no se adquiere en ningún manual.

#### **4.3.2 Mantenimiento preventivo.**

Para la detección de fallas, reparación y/o retiro del indicador de nivel dentro del mantenimiento preventivo, se debe de seguir el procedimiento a continuación descrito:

1. Revisar visualmente el instrumento, válvulas, tuberías y conexiones para detectar puntos de falla.
2. Revisar con detector Sherlock rebajado seis milímetros por cada litro de agua para localización de fugas en el sistema.
  - a) Aplicar el detector con una brocha sin producir espuma. Para fugas normales, la detección será entre 5 y 10 segundos y para poros será entre 1 y 3 minutos.
  - b) Checar una por una, todas las conexiones, válvulas y tubería; darle tiempo de respuesta antes de revisar otra.
  - c) Si hay poca visibilidad directa, utilizar un espejo y lámpara; checar minuciosamente que no haya fugas.
3. Revise la posición de las válvulas de bloqueo y triple; la operación normal debe ser la siguiente:
  - a) Válvula de bloqueo líquido abierta.

- b) Válvula de bloqueo gas abierta.

En Válvula Triple:

- c) Válvula de diafragma líquido abierta.
- d) Válvula de diafragma gas abierta.
- e) Válvula de diafragma derivación cerrada.

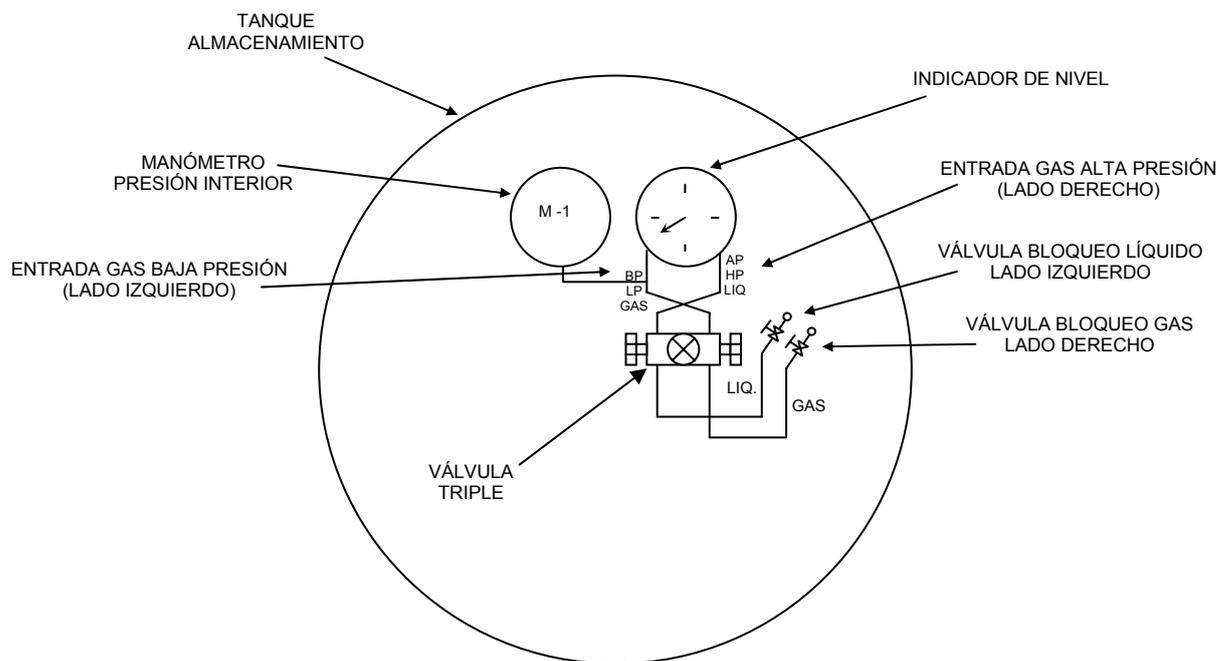


Figura 26. INSTALACIÓN TÍPICA DEL SISTEMA DE INSTRUMENTOS

- 4. Para sacar de operación el equipo, se procede de la siguiente manera:

- a) Cerrar la válvula de diafragma líquido.
- b) Abrir la válvula de diafragma derivación.
- c) Cerrar la válvula de diafragma gas.
- d) Cerrar la válvula de bloqueo líquido.
- e) Cerrar la válvula de bloqueo gas.
- f) Purgar el sistema aflojando las conexiones de la tubería.

“Operar las válvulas lentamente para evitar un incremento de presión súbita que pueda dañar el equipo”

5. Realizar los trabajos correspondientes como son:

- a) Cambiar tuercas Flare.
- b) Sellar con Oxilube.
- c) Avellanar.
- d) Cambiar tubos.
- e) Apretar conexiones.
- f) Revisar y/o cambiar diafragma de válvula de derivación.
- g) Limpiar válvula de diafragma.
- h) Cambio de manómetro si se requiere.

6. Probar fluidez en líneas:

- a) Desconectar la tubería de las conexiones del indicador.
- b) Abrir válvulas de diafragma gas y líquido, cerrar derivación.
- c) Abrir la válvula de bloque líquido, comprobando que el líquido fluya continuamente (sin pulsaciones), cerrar la válvula.
- d) Cerrar válvulas de diafragma gas y líquido, abrir derivación.

7. Arrancar el sistema:

- Abrir la válvula de bloqueo gas.
- Abrir la válvula de bloqueo líquido.
- Abrir la válvula de diafragma gas.
- Abrir la válvula de diafragma líquido.
- Cerrar lentamente la válvula de diafragma de derivación.

8. Checar la posición de las válvulas.

Cerciorarse que no haya fugas (en caso de encontrar alguna, repita la operación a partir del punto 4).

En el caso del flujómetro y totalizador, el programa de mantenimiento preventivo también se aplica cada seis meses. Y se divide en dos etapas:

1) Inspección general del Totalizador y Fluviómetro.

- Para el Totalizador Modelo T675: esta unidad cuenta con un programa de mantenimiento preventivo con íconos recordatorios. Permite la modificación de los parámetros de mantenimiento preventivo de la turbina y del sistema, tales como fechas programadas de mantenimientos futuros, establecer horas de operación acumuladas entre actividades de mantenimiento, y ajustes a cero de ambas horas de operación acumuladas.

```
*****
***** Maintenance (Mantenimiento) *****
*
* 1 – System maintenance due (Fecha programada para próximo mtto. del sistema) DDMMYY *
* 2 – System maintenance just performed (Mantenimiento del sistema recién realizado) *
* 3 – Turbines hrs until maintenance (Horas por transcurrir para próximo mtto a la turbina) *
* 4 – Turbine maintenance just performed (Mantenimiento de la turbina recién realizado) *
*
* Enter setting (ESC to exit)? *
*
*****
```

FIGURA 27. ÍCONOS RECORDATORIOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Además del Archivo de Alarmas del Sistema antes mencionado para el mantenimiento externo al totalizador.

- Para el Totalizador Modelo T650N: ya que esta unidad no es sellada su procedimiento de mantenimiento preventivo es diferente al anterior. Aquí no tenemos programas de mantenimiento ni íconos; lo que aquí se hace es trabajar dentro del gabinete, es decir, dar el chequeo y mantenimiento correspondientes a las tarjetas de funcionamiento las cuales son:
  - Tarjeta Multiplicadora (TM): encargada del funcionamiento en general de la bobina de pulsos SCI.
  - Tarjeta Indicadora (TI): encargada del indicador y contador mecánico.
  - Tarjeta Compensadora de Temperatura (TCD): encargada del funcionamiento en general de RTD (sensor de temperatura).



FIGURA 28. INTERIOR DE GABINETE DE TOTALIZADOR T650N MOSTRANDO TARJETA INDICADORA, TARJETA COMPENSADORA Y TARJETA MULTIPLICADORA

Esto además de los pasos correspondientes al mantenimiento correctivo antes citados.

- Para ambos Totalizadores: independientemente del modelo de totalizador, se revisan todas las conexiones, el estado de todos los componentes externos, la turbina de flujo y la continuidad en los cables de conexión.

## 2) Calibración de Flujoímetro.

La calibración, consiste en ajustar el factor "k" (factor de corrección), el cual está basado en el Factor "k" de la turbina. Existen varios métodos de calibración que son ampliamente utilizados; los dos métodos más utilizados son: calibrador patrón y báscula de peso. El método metrológicamente preferido es el calibrador dada su exactitud.

A continuación, se explica brevemente el procedimiento de calibración:

1. Se conecta el Flujoímetro Patrón a la descarga del tanque. Un extremo de manguera a la salida del patrón y el otro al llenado superior (fase gas) de la pipa.

2. Se conectan los cables del Calibrador Patrón al Flujómetro y Sensor de Temperatura. Se alimenta el Calibrador a una fuente de 110v.
3. Después de enfriar adecuadamente la bomba, se procede a recircular el producto.
4. Hay que tener la máxima exactitud a la hora de la prueba, haciendo coincidir el conteo del patrón con el del tanque.
5. Finalmente se da el debido ajuste al totalizador del tanque con respecto a lo indicado por el Patrón.



FIGURA 29. EQUIPO PATRÓN DE CALIBRACIÓN

#### **4.4 APOYO.**

El Apoyo consiste en brindar ayuda a las zonas que así lo requieran en cualquier punto del país enfocándose no sólo a los tanques para el transporte sino también a tanques estacionarios y de almacenamiento.

Esta parte del trabajo es la que se lleva a cabo con menor frecuencia, ya que solo actuamos cuando se nos requiere como auxilio, ya sea para una emergencia o para algún proyecto.

#### 4.4.1 Emergencias.

Se refiere a todas las fallas que surjan en el momento y que, por diferentes razones (falta de personal, lejanía de zona de trabajo, etc.) el personal correspondiente no pueda atenderla. Podemos decir que se trata de mantenimiento correctivo externo a nuestro departamento o zona de trabajo.

Por ejemplo: Se ha prestado apoyo o atendido fallas Criogénicas y de CO<sub>2</sub> en zonas como Toluca, Puebla y Tabasco.

#### 4.4.2 Proyectos.

Se trata de la participación directa en el mantenimiento preventivo y/o levantamiento de proyectos un tanto ajenos a nuestro departamento.

Por ejemplo:

- La participación en la habilitación del sistema de refrigeración de un tanque estacionario de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>).



FIGURA 30. TANQUE ESTACIONARIO DE ANHÍDRIDO CARBÓNICO CO<sub>2</sub>

- El levantamiento de un tanque para el transporte de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>), en el cual me encargué de la parte eléctrica de fuerza y control del sistema de carga y descarga.

## **V. CASO PRÁCTICO.**

Consiste en el levantamiento del sistema eléctrico de un tanque para el transporte de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>); específicamente de la parte de fuerza y control del sistema de carga y descarga, partiendo de la idea de modernizar el equipo y facilitar su mantenimiento.

### **5.1 INTRODUCCIÓN.**

El Bióxido de Carbono o Anhídrido Carbónico, es un compuesto formado por la combinación de dos elementos: Carbono y Oxígeno. Se expresa comúnmente por su fórmula química CO<sub>2</sub>. La concentración de CO<sub>2</sub> en una atmósfera de aire normal es de aproximadamente 0.03%.

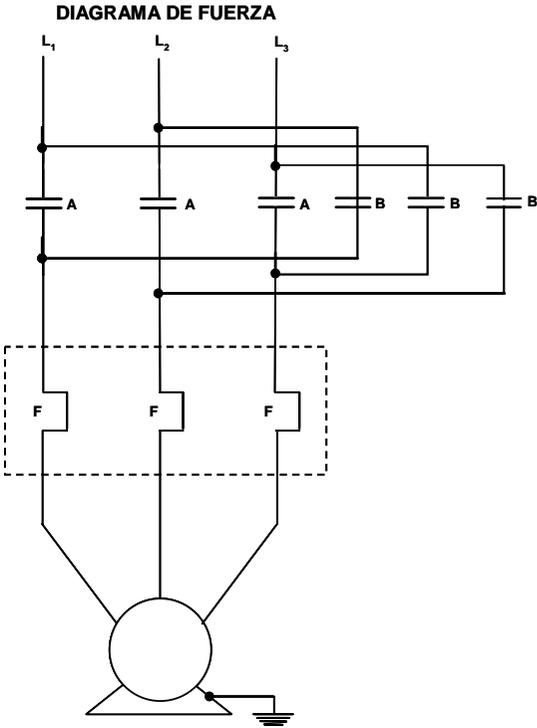
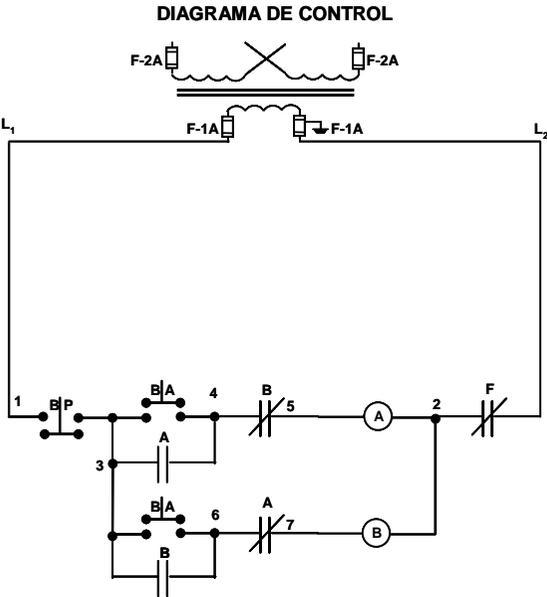
El CO<sub>2</sub> es transportado en estado líquido de igual forma que el Oxígeno, Nitrógeno y Argón, con la diferencia de que los tanques requeridos para el CO<sub>2</sub> (ya sea para el transporte, estacionarios o de almacenamiento) no son tanques propiamente criogénicos; esto debido a la gran diferencia de temperatura que existe entre el Oxígeno líquido (-182° C), Nitrógeno líquido (-195° C) y Argón líquido (-186° C) comparados con el CO<sub>2</sub> líquido (-29° C).

Los tanques para el CO<sub>2</sub> líquido se fabrican en acero al carbón. Estos tanques son cubiertos exteriormente por una capa de 6 pulgadas de espesor; la primera capa de 3" es de poliuretano distribuido uniformemente y rasurado, la segunda es de elastómero (resina), una tercera de 3" de espesor de poliuretano y finalmente una capa de aislamiento térmico CL-MASTIC (material similar al chapopote). Todo ello protegido por una lámina de acero inoxidable acabado espejo.

### **5.2 DESCRIPCIÓN.**

El sistema eléctrico de carga y descarga de un tanque para el transporte de CO<sub>2</sub> es similar al sistema de los transportes criogénicos, con la variante de algunos elementos.

## SISTEMA ELÉCTRICO



- SIMBOLOGIA**
-  **BOTON DE ARRANQUE**
  -  **BOTON DE PARO**
  -  **PLATINO N A**
  -  **PLATINO N C**
  -  **TIERRA**
  -  **CONTACTOR A**
  -  **CONTACTOR B**
  -  **MOTOR**
  -  **RELEVADOR BIMETALICO**

FIGURA 31. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL DE TANQUE PARA EL TRASPORTE DE ANHIDRIDO CARBÓNICO CO<sub>2</sub>

Inicialmente, se analizó el diagrama para entender su funcionamiento, detectar fallas en el sistema y pensar en posibles mejoras del mismo, encontrando lo siguiente:

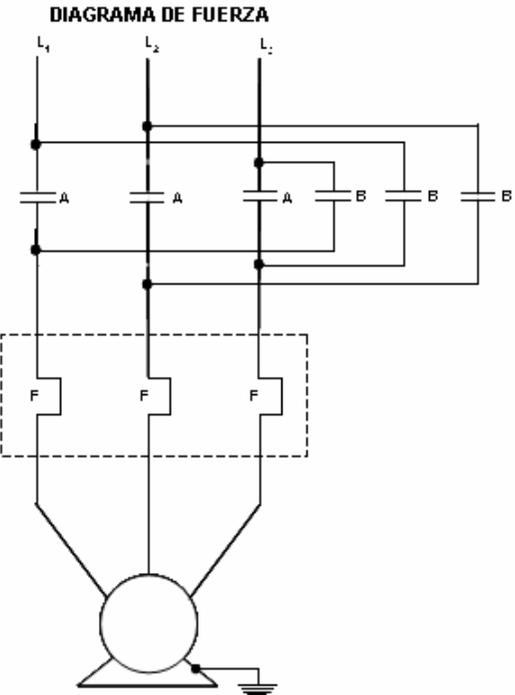
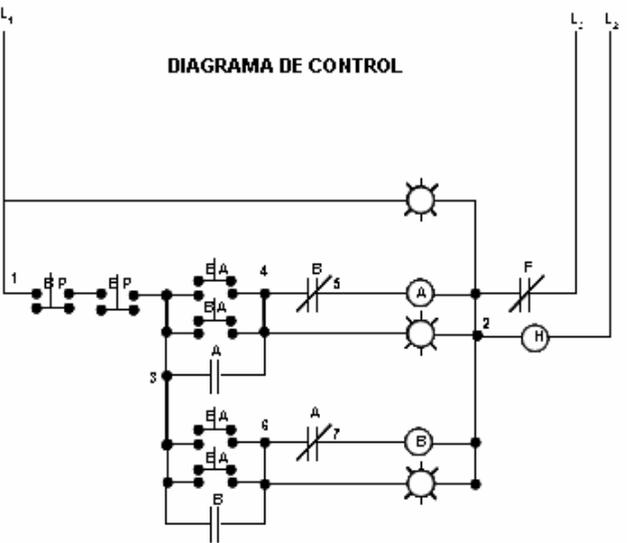
- La parte correspondiente al cambio de giro del motor es errónea, ya que muestra un intercambio entre las tres fases, lo cual provoca que el motor siga girando en la misma dirección. Para corregirlo sólo se intercambiaron dos de sus fases.
- Con el objeto de proporcionar seguridad cuando el sistema esté trabajando se añadieron al sistema tres lámparas indicadoras: dos de color verde, que señalan el sentido de giro del motor y, una de color ámbar, que indica cuando el tablero está energizado.
- Se añadió un horómetro idéntico al que presentan los tanques criogénicos, con la finalidad de contabilizar el número de horas trabajadas por la motobomba. (Este conteo es necesario para el programa de mantenimiento preventivo.)
- Se eliminó el transformador, poniendo bobinas de contactores y demás elementos a 220v logrando así reducir el costo y simplificar el mantenimiento del sistema.
- Se añadió un sistema de control remoto para facilitar el trabajo del operador permitiendo manipular el sistema por ambos lados de la cabina.

En base a estos cambios se rediseñó el diagrama quedando como se muestra en la Figura 32.

Originalmente, este sistema estaba compuesto por:

- Interruptor de Cuchillas Trifásico Square D'.
- Fusibles de 50A.
- Arrancador Magnético Square D'.
- Elemento Térmico B-32
- Interruptor Reversible de Tambor Square D'.
- Horómetro.

# SISTEMA ELÉCTRICO



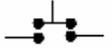
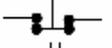
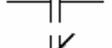
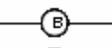
- SIMBOLOGIA**
-  **BOTON DE ARRANQUE**
  -  **BOTON DE PARO**
  -  **PLATINO N A**
  -  **PLATINO N C**
  -  **TIERRA**
  -  **CONTACTOR A**
  -  **CONTACTOR B**
  -  **MOTOR**
  -  **RELEVADOR BIMETALICO**

FIGURA 32. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL DE TANQUE PARA EL TRANSPORTE DE ANHIDRIDO CARBÓNICO CO<sub>2</sub>

Este tablero se modifico con el fin de modernizar el equipo. Ahora cuenta con:

- Interruptor Termomagnético Trifásico. Mca. Telemecanique de 40 Amps.
- Contactor Tripolar. No. Parte LC1-D3210M7. (dos piezas).
- Relevador de Sobrecarga. No. Parte LR2-D2353.
- Interlock mecánico. No. LA9-DO9978.
- Bloque de Contactos Auxiliares. No. Parte LA8 DN11.
- Horómetro de 220v.c.a. Analógico.

Una vez contando con estos dispositivos y materiales, se comienza el armado o conexión del tablero.

- Se comienza por interconectar los dos contactores tripolares por medio del interlock mecánico el cual sirve como bloqueo mecánico para evitar que los dos contactores puedan entrar al mismo tiempo. Además de colocar todas sus tablillas de conexión, como a continuación se muestra.

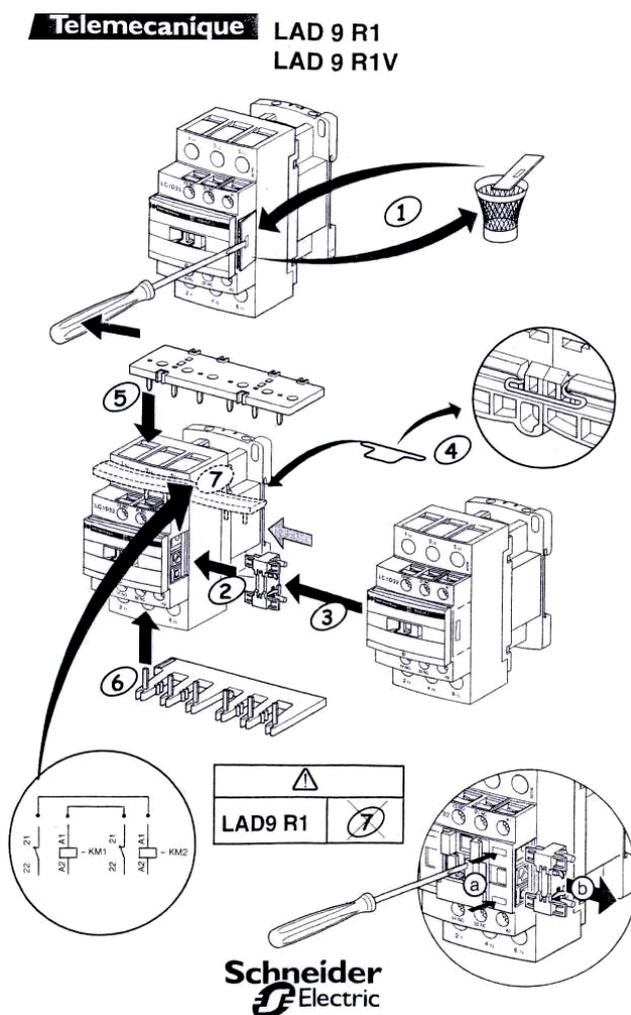


FIGURA 33. DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE CONTACTOR TRIPOLAR

- Una vez interconectados los contactores tripolares, se les interconecta el Relevador de Sobrecarga. Cabe mencionar que hasta este punto, no hemos utilizado cables de conexión ya que estos cuatro elementos se ensamblan o interconectan entre sí.
- Se procede a conectar el resto de los dispositivos (Interruptor Termomagnético Trifásico, Bloque de Contactos Auxiliares, Horómetro, así como lámparas y botones) como se muestra en el diagrama eléctrico anterior. Utilizando cable del número 10 AWG para la parte de fuerza y cable del número 14 AWG para la parte de control. Quedando el tablero como se muestra en la figura 35-b.

Una vez listo el tablero, se procede a probar su correcto funcionamiento, con una alimentación de 220v.c.a.

El siguiente paso es conectar el motor tipo Jaula de Ardilla, para funcionar a 220 v.c.a., esto es, hacer una conexión doble delta como a continuación se muestra.

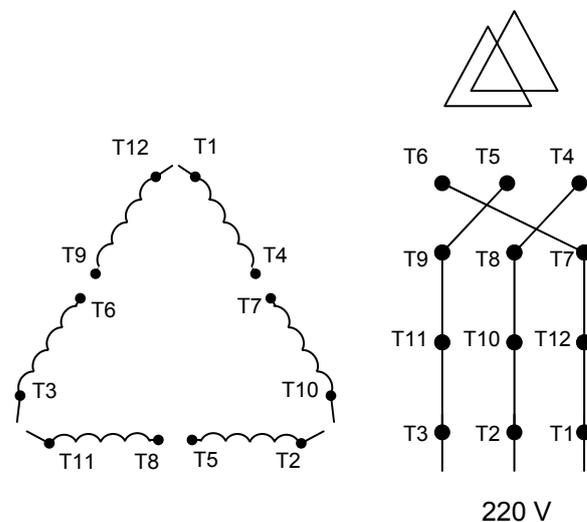


FIGURA 34. ESQUEMA DE CONEXIÓN ΔΔ

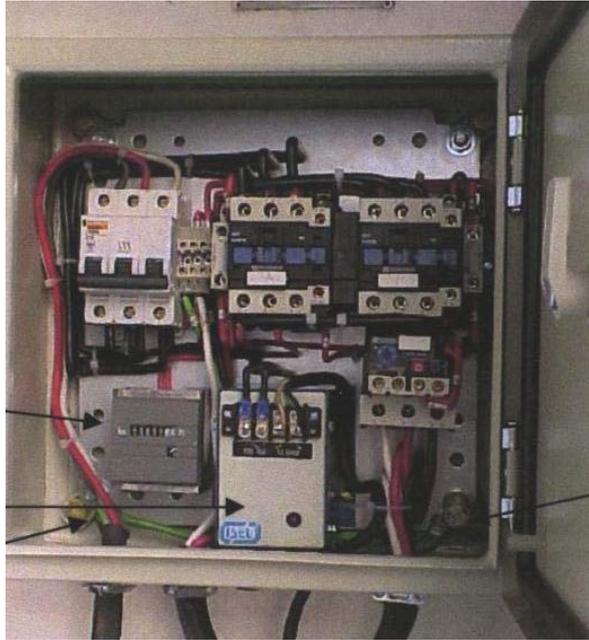


FIGURA 35-a. TABLERO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL DE PIPA DE CO<sub>2</sub> ANTERIOR.



FIGURA 35-b. TABLERO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL DE PIPA DE CO<sub>2</sub> ACTUAL.

A continuación se monta el tablero en su respectivo lugar dentro de la cabina del tanque para posteriormente proceder a conectar el motor, el control remoto y la alimentación a nuestro tablero eléctrico. Para la alimentación del motor, para la alimentación del tablero

utilizamos cable tipo uso rudo 4 x 8 AWG con una clavija tipo APJ, marca COOPER Crouse-Hinds, y para el control remoto utilizaremos cable tipo uso rudo 4 x 12 AWG.

Finalmente la toma de fuerza (cable y la clavija de alimentación) se coloca de tal forma que quede acomodada dentro de su gabinete por la parte exterior de la cabina del tanque.



FIGURA 36. GABINETE DE TOMA DE FUERZA

Tablero listo para comenzar la carga o descarga de CO<sub>2</sub> según sea el caso.



FIGURA 37. PROYECTO TERMINADO

De esta manera se cumple con el objetivo principal que es modernizar el equipo y reducir su mantenimiento, contando con las siguientes ventajas:

- Reducción de espacio en relación con tableros anteriores.
- Reducción de elementos de equipo eléctrico.
- Reducción de peso.
- Protección de interlock (bloqueo) mecánico.
- Facilidad de operación.

Por estas razones se ha venido adaptando este tablero eléctrico a los trasportes de CO<sub>2</sub> ya que los componentes son más seguros y confiables, además se logra una mejor presentación como se puede comparar en la figura 35-a y 35-b.

## **VI. CONCLUSIÓN.**

En base a lo expuesto en este trabajo puedo concluir que el mantenimiento es de vital importancia para cualquier proceso productivo, ya que con su correcto manejo influirá de manera directa en el alcance de los estándares de calidad establecidos tanto para la producción como para la distribución; además de verse directamente involucrado en la seguridad industrial, con la prevención de accidentes y lesiones de trabajo.

El Departamento de Mantenimiento tiene la misión de mantener todo en perfecto orden y funcionamiento además de exigirse estar a la vanguardia día a día en el área técnica, de esta manera se cumplirá con los programas de mantenimiento preventivo y la reducción del mantenimiento correctivo disminuyendo los tiempos muertos y, por lógica se producirá un bien real y directo a la empresa el cual se verá reflejado en las utilidades que esta genere.

Por lo tanto desde mi particular punto de vista y experiencia laboral puedo decir que, la misión del Departamento de Mantenimiento Criogénico de la empresa CRYOINFRA es brindar a esta:

“CAPACIDAD DE DISTRIBUIR CON CALIDAD, SEGURIDAD Y RENTABILIDAD “