



**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería Electrónica**

**DISEÑO AUTOMATIZADO PARA TRASEGAR PRODUCTO  
COMBUSTIBLE ENTRE DOS TANQUES**

**FAUSTO RUBEN RECINOS CRUZ**

**Guatemala**

**1992**

**DISEÑO AUTOMATIZADO PARA TRASEGAR PRODUCTO  
COMBUSTIBLE ENTRE DOS TANQUES**

Vo. Bo. :

(f) \_\_\_\_\_  
Ingeniero Ricardo Cordon  
Asesor

Tribunal :

(f) \_\_\_\_\_  
Ingeniero Ricardo Cordon

111  
(f) \_\_\_\_\_  
Ingeniero Rolando Matta

(f) \_\_\_\_\_  
Ingeniero Roberto Duke

Fecha de aprobación: 29 de noviembre de 1992

## P R E F A C I O

El presente trabajo, realizado bajo la dirección del Ingeniero Ricardo Córdón, es la guía para sustentar el examen previo a la obtención del grado de Licenciado en Ingeniería Electrónica, en la Universidad del Valle de Guatemala. El tema elegido, "Diseño Automatizado para Trasegar Producto Combustible entre Dos Tanques", representa la culminación de una serie de investigaciones y diseños de gran importancia para el mejoramiento de las instalaciones petroleras de almacenamiento de producto combustible.

Inicialmente, se brinda una pequeña descripción de los elementos básicos que conforman una planta de almacenamiento combustible, a manera de introducción, asumiendo que el lector no tiene el menor conocimiento sobre el tema. La segunda parte consiste en la reconstrucción de los elementos mínimos que la planta requiere y el diseño de la circuitería de control para efectuar el trasego de producto entre dos tanques, en una forma ordenada y sistemática. Se termina, finalmente, con la demostración de su funcionamiento desde un programa de control en lenguaje Pascal.

## CONTENIDO

	Páginas
PREFACIO	VII
I. INTRODUCCION	1
II. DISPOSITIVOS PRACTICOS DE LA INSTALACION Y ELEMENTOS DE PLANTA	3
A. Tanques de almacenamiento de producto	3
1. Elementos de control de operación	3
a. Escaleras de acceso	3
b. Compuertas de acceso y medición	3
c. Válvulas de presión y vacío	4
d. Cintas automáticas de medición	9
2. Capacidad de tanques	9
3. Sistemas de protección	12
a. Clasificación de áreas de riesgo	12
b. Alturas de operación y dispositivos de control	14
c. Instalación eléctrica	18
4. Tuberías de acceso	18
5. Generación de electricidad estática	21
a. Fuentes de generación de electricidad estática	21
b. Eliminar el riesgo de generación de chispa	22
B. Bombas	23
1. Características de operación	24
C. Válvulas de control de fluido	29

	Páginas
1. Materiales de construcción	29
2. Decisión del tipo de válvula	30
3. Válvulas de compuerta	30
4. Válvulas reguladas automáticas	31
a. Principios de operación	33
III. DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE OPERACION	43
A. Descripción de la instalación	43
1. Interconexión entre tanques	43
a. Tubería de acceso	45
b. Dirección de flujo	46
c. Válvulas de seguridad	46
d. Válvulas de control	46
e. Ubicación de bomba de trasiego	49
2. Cintas automáticas de medición	51
3. Válvulas PV	52
4. Aterrizaje de componentes	52
B. Interfase digital-eléctrico	54
1. Instalación del interfase 8255	54
2. Programación del 8255	57
3. Interfase digital-eléctrico	58
C. Manejo de dispositivos de control desde la PC	60

	Páginas
1. Válvulas automáticas de dirección de flujo	60
a. Método de operación	61
2. Válvula automática principal de control de flujo	63
3. Control de arranque de la bomba de trasiego	64
4. Chequeo de paros de emergencia	64
D. Descripción del programa	65
1. Generalidades	65
2. Recorrido por el índice del menú	66
E. Diseño del sistema protección de sobrellenado	72
1. Protección automática de sobrellenado	72
a. Diseño de alarmas de alto nivel	72
b. Instalación de alarmas de nivel y dispositivos de señalización	78
c. Conexión de alarmas de nivel al sistema de control	80
2. Paro de emergencia manual (Shut Down)	81
IV. BIBLIOGRAFIA	83

## LISTA DE GRAFICAS

Gráfica	Página
2.1 Tanques de almacenamiento de producto combustible	5
2.2 Válvulas de presión y vacío	7
2.3 Cintas automáticas de medición	10
2.4 Altura de operación de tanques	15
2.5 Tubería de entrada y salida de tanques	20
2.6 Operación de bomba de trasiego	25
2.7 Ejemplos de válvulas de timón	32
2.8 Válvulas de control automático	34
2.9 Zonas de operación típica de carga	35
3.1 Esquema general del sistema de control para la operación de trasiego	44
3.2 Traslado del tanque A al B	47
3.3 Traslado del tanque B al A	48
3.4 Strainer en bomba de trasiego	50
3.5 Instalación de cintas automáticas de medición	53
3.6 Direccionamiento de puertos de E/S	55
3.7 Interfase digital-eléctrico	59
3.8 Menú principal del programa	67
3.9 Inicialización de parámetros	68
3.10 Procedimiento de trasiego	69
3.11 Verificación de operación de trasiego	71

Gráfica	Página
3.12 Reporte de operación de trasiego	73
3.13 Diseño de operación de alarmas de nivel	75
3.14 Instalación de dispositivos de señales de emergencia	78
3.15 Control de circuitos de emergencia	80

## I. INTRODUCCION

El movimiento de producto combustible (ya sea gasolina o aceite) entre dos tanques, ha sido siempre una de las operaciones de mayor cuidado en cualquier planta petrolera. Esto se debe a que la manipulación de producto en grandes volúmenes podría ocasionar serios accidentes de derrames, si dicha operación no se lleva a cabo con las máximas normas de seguridad y los procedimientos adecuados.

Inicialmente se deben preparar las líneas de conexión entre los tanques (ie. tuberías y válvulas) para que ambos queden completamente conectados; luego se deben establecer los siguientes parámetros: las medidas iniciales de ambos tanques y luego, el volumen de producto que se desea mover (ie. trasegar). Con esta información se debe determinar si el trasiego puede ser efectuado en su totalidad, por partes, o queda sin efecto.

Finalmente el trasiego se inicia arrancando la bomba manualmente y revisando periódicamente que las cintas automáticas de medición de los tanques (a partir de la cual se calcula el volumen actual de producto combustible en los tanques), se muevan de acuerdo a la rata de crecimiento o decrecimiento calculada.

Como puede notarse, la operación completa se efectúa de una forma manual y mecánica, lo cual conlleva más probabilidad de error en las operaciones de cálculos y medidas. Adicionalmente, una mala selección de las válvulas que deben operarse podría ocasionar graves accidentes.

El propósito del proyecto es entonces automatizar esta operación desde una computadora personal (PC). Ingresando los parámetros iniciales, la computadora verificará primero que la operación puede ser efectuada; si en caso no lo es, calculará el volumen máximo que puede ser trasegado. Seguidamente, nos proporcionará los

parámetros más importantes de la operación (medidas iniciales de los tanques, medidas finales de los mismos, tiempo de operación, rata de bombeo etc.), para que estos puedan ser utilizados como referencia durante todo el proceso. Finalmente, se iniciará el proceso de trasiego en una forma automática, seleccionando las válvulas que sean requeridas y accionando todos los dispositivos involucrados.

Para garantizar que los riesgos de la operación se han reducidos al máximo, incluiremos el diseño de otros dispositivos adicionales de control tales como: alarmas de alto nivel (HLA), eliminación de electricidad estática, instalación a prueba de explosión (si es requerido), etc. los cuales serán detallados más adelante.

## II. DISPOSITIVOS PRACTICOS DE LA INSTALACION Y ELEMENTOS DE PLANTA

### A. Tanques de almacenamiento de producto:

Los tanques de almacenamiento de producto (tales como gasolinas, aditivos, aceites etc.) pueden encontrarse en una gran variedad de tamaños y características, ligados al tipo de producto que van a almacenar. Por ejemplo, de la densidad del producto y de la altura del tanque va a depender el espesor de la lámina que se utilice para construirlo.

Las alturas de los tanques pueden variar desde unos 10 pies hasta unos 60 pies (rangos típicos de construcción).

Los diámetros de los tanques tienen también un rango similar al anterior. Sin embargo, todos los tanques deben estar provistos de una serie de dispositivos mínimos de operación, los cuales serán descritos a continuación.

#### 1. Elementos de control de operación:

##### a. Escaleras de acceso:

Todos los tanques deben tener un medio de acceso al techo (con excepción de los tanques enterrados), para poder efectuar ciertas tareas tales como medición, revisión de válvulas de presión y vacío, alarmas de nivel y otros.

Las escaleras de acceso están diseñadas en función del tamaño del tanque; lo más importante es que ofrezcan seguridad y flexibilidad a la persona que las utiliza. Teniendo esto en mente, podemos decir que las escaleras verticales son poco prácticas y no ofrecen la seguridad necesaria de acceso; se utilizan estrictamente en tramos cortos. Un ejemplo típico de esta instalación puede ser observado en la figura 2.1. Como una medida adicional de prevención de accidentes, se pintan de un color fuerte (amarillo o naranja), los primeros y últimos cuatro escalones de cada escalera.

##### b. Compuertas de acceso y medición:

Los tanques de almacenamiento están provistos también de compuertas de acceso

(manhole) y la cantidad de ellas depende de las dimensiones del mismo. Para un tanque grande (mayores de 30 pies de diámetro y 20 pies de altura), la cantidad de manhole's puede variar desde uno hasta tres en el cuerpo, cerca del piso (aproximadamente a una altura de 3 pies). En el techo puede haber uno o dos. Los tanques pequeños tienen regularmente uno o dos manhole's en el cuerpo y uno en el techo.

Los manhole's generalmente son redondos y de un diámetro aproximado de 3 a 4 pies, sellados con tornillos en todo el contorno y adicionalmente se utiliza un empaque para evitar fugas de producto.

Las funciones más importantes del manhole son: permitir un medio de acceso al interior del tanque para efectuar cualquier tipo de operación (inspección de tubería, inspección ultrasónica de fondo o paredes, limpieza etc.) y ventilación de vapores, la cual se hace necesaria para poder ingresar y trabajar en el interior del tanque. Un ejemplo de manhole puede ser observado en la figura 2.1.

Adicionalmente existe otro tipo de compuerta de acceso de medición (gauge). Al contrario del manhole, esta compuerta se utiliza para medir el producto que contiene el tanque. El acceso consta de un cuello de aproximadamente dos pies de altura y un diámetro de 8" o 10", el cierre de la compuerta es manual y con candado. Todos los gauge tienen un punto de referencia para colocar la cinta de medición, ya que cada punto da una lectura diferente de la cantidad de producto en el tanque. La figura 2.1, nos muestra un ejemplo del gauge instalado en el tanque.

### **c. Válvulas de presión y vacío:**

Una de las características más importantes de los tanques de almacenamiento es el tipo de producto que almacenan. Estos productos pueden ser tan volátiles como la gasolina, o tan pesados como el propio petróleo crudo. Entre más volátil es el producto, más genera vapores combustibles y, por el contrario, entre más pesados, menos generación de vapores

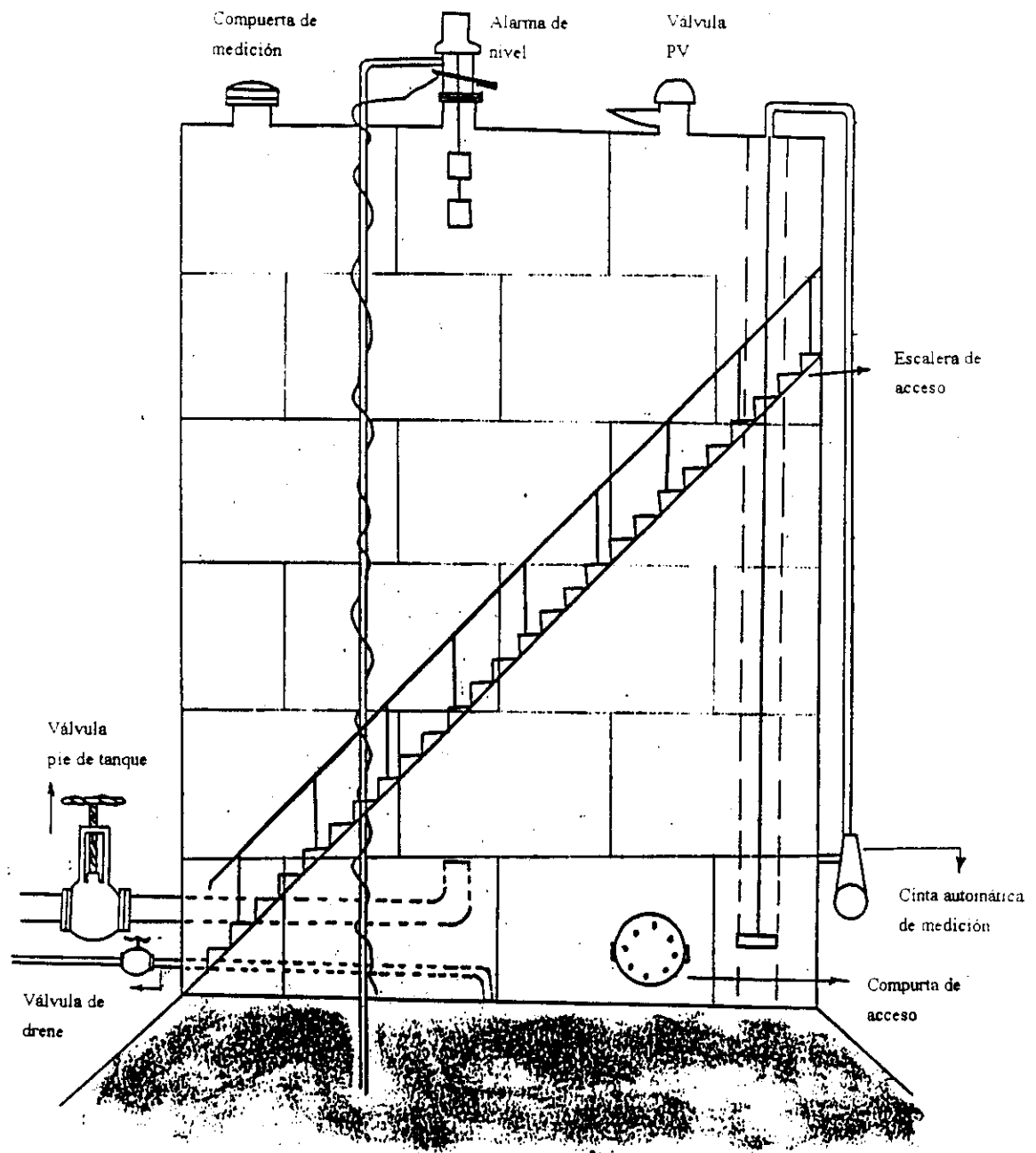


FIGURA 2.1  
 Tanques de almacenamiento de producto combustible  
 Elementos de control de operación

combustibles.

Una implicación inmediata del análisis anterior sería que los tanques que almacenan productos volátiles estuvieran expuestos a grandes cantidades de vapores combustibles en su interior y por lo tanto a altas presiones interiores. Si la presión se incrementa mucho, es necesario que la misma sea liberada del interior. De aquí que las válvulas de presión y vacío (válvulas PV) tengan la función de liberar toda esa presión excesiva dentro del tanque.

Sin embargo, hay que considerar un caso adicional, y es cuando se extrae producto dentro del tanque; el volumen de producto extraído del tanque debe ser reemplazado por un volumen equivalente de aire. La válvula PV tiene la función adicional de dejar entrar al tanque ese volumen de aire adicional.

Como puede notarse, las válvulas PV juegan un papel fundamental, evitando que el tanque se contraiga de las paredes cuando le falte aire o que se expanda debido a las altas presiones en su interior. Si la presión en el interior se encuentra dentro de los límites permisibles, las válvulas PV no permitirán que los vapores combustibles se escapen, de lo contrario sería una pérdida de producto. Esto se debe a que por las noches los vapores se condensan y vuelven a su estado líquido, aunque no hay una recuperación del 100%.

Las válvulas PV se eligen en función del diámetro del tanque y de la densidad específica del producto que contiene.

Los tanques que tienen almacenado producto pesado (por ejemplo diesel, turbo jet), únicamente tienen un respiradero cubierto en el techo. Este será suficiente porque no hay grandes proporciones de gases combustibles que puedan perderse. Un ejemplo de la instalación de una válvula PV puede observarse en la figura 2.1. En la figura 2.2 tenemos un ejemplo de una válvula PV típica, donde se puede ver con mejor detalle la instalación y operación.

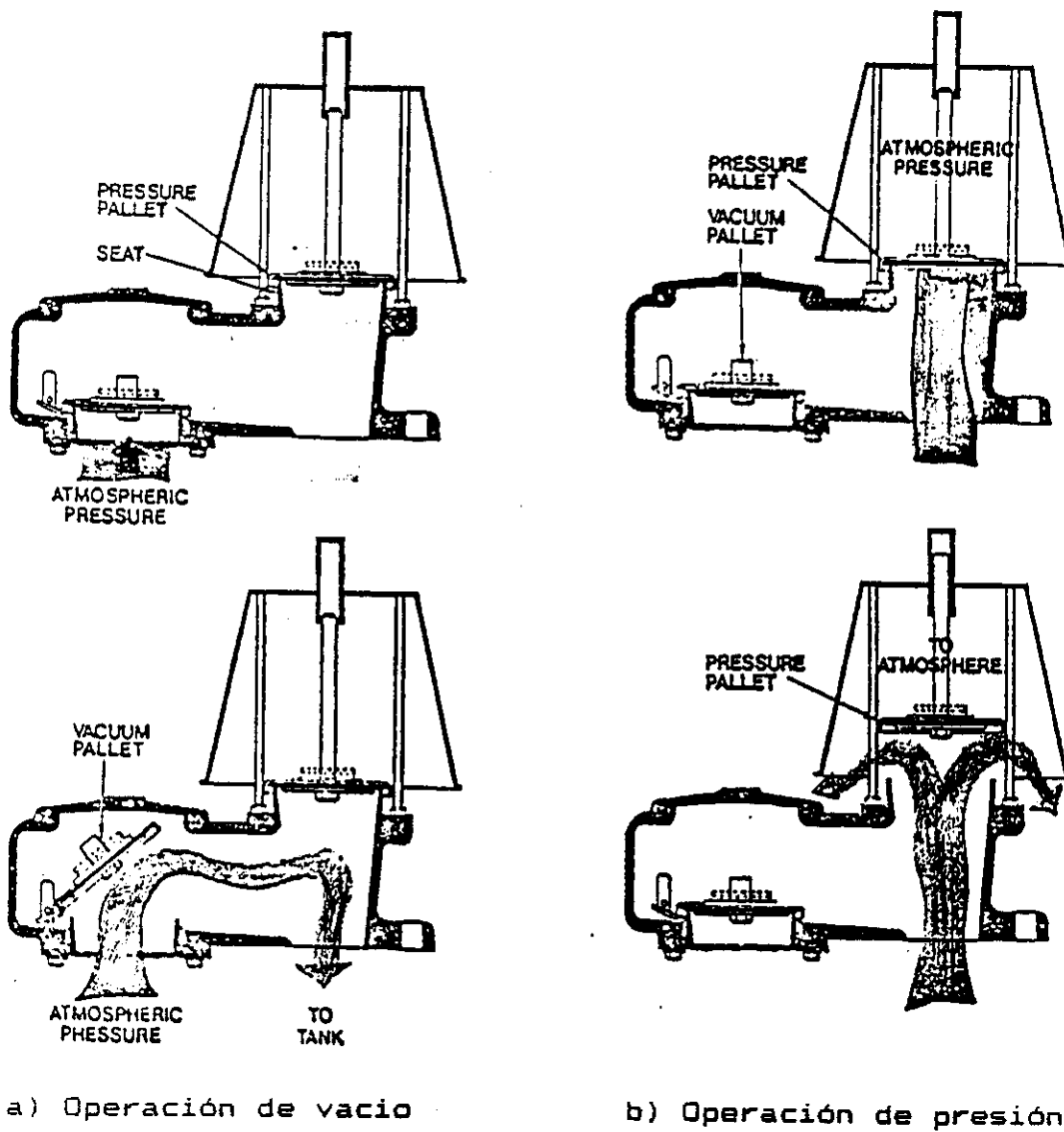
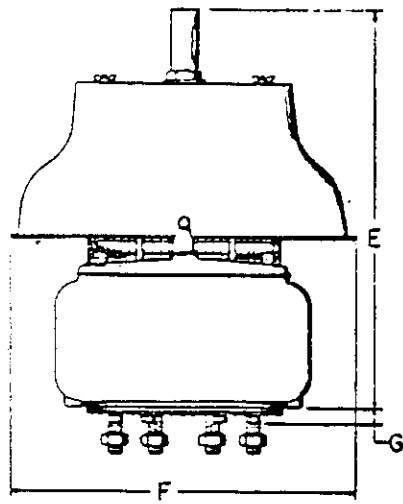
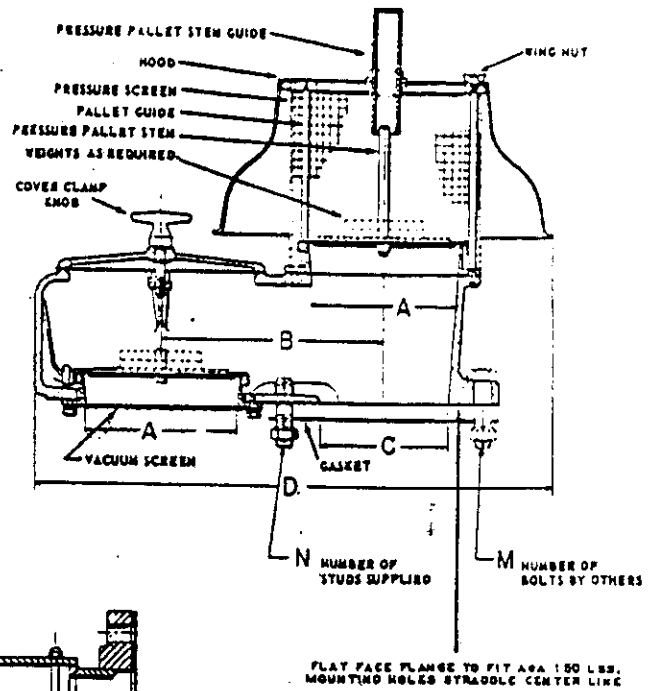


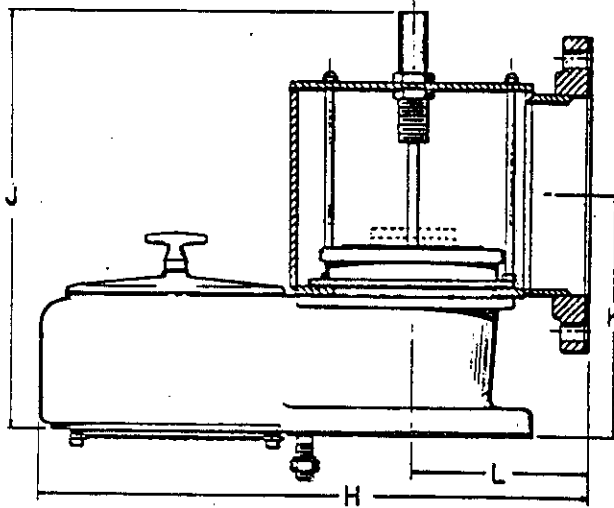
FIGURA 2.2  
 Válvulas de presión y vacío (PV)  
 Funcionamiento y operación



OPEN VENT MODEL



FLAT FACE FLANGE TO FIT AREA 150 LBS. MOUNTING HOLES STRADDLE CENTER LINE



CLOSED VENT MODEL

VENT SIZE (Inches)	DIMENSIONS — INCHES											NO. OF BOLTS	NO. OF STUDS	CLOSED VENT FLANGE SIZE	NET WEIGHT —LBS—		SHIPPING WT —LBS—		BOX SIZE (Inches)
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L				ALUM.	IRON	ALUM.	IRON	
6	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	6 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	24 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	24 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4	4	8	36	83	55	102	28 X 27 X 21
8	9 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	30 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	21 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	20 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	30 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4	4	10	57	130	84	157	35 X 31 X 25
18	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	37 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	26 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6	6	12	91	208	152	269	42 X 33 X 29
12	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	43 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	29 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	29 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	41 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	30 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	16 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	8	4	14	119	276	191	348	49 X 36 X 34

Shipping weights and box sizes for open vent models without flame snuffer, are for domestic packaging only.

#### **d. Cintas automáticas de medición:**

La medición de producto desde el gauge es bastante precisa, sin embargo, toma algo de tiempo y en algunas ocasiones es importante tener una idea rápida del volumen de producto dentro del tanque.

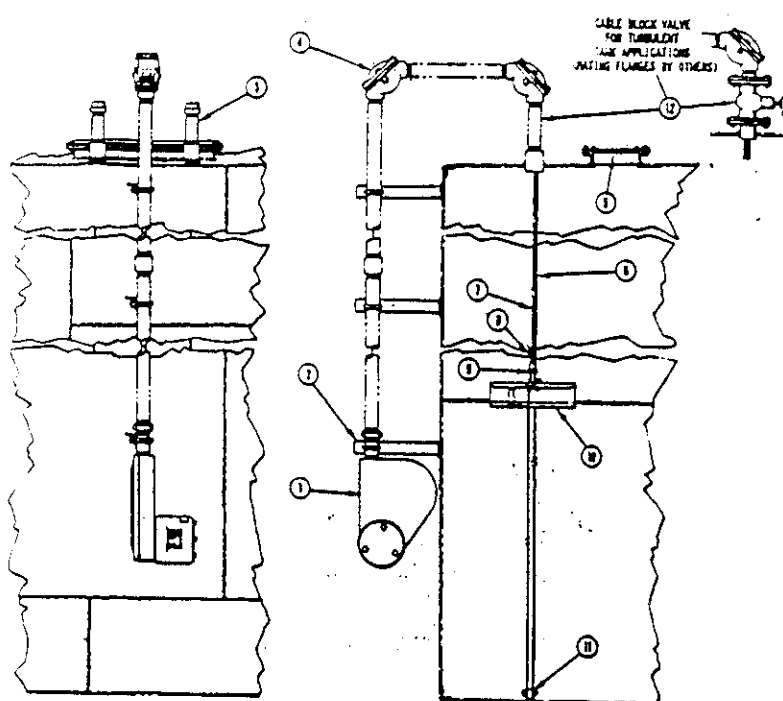
Las cintas automáticas de medición proporcionan una medida aproximada de la altura del producto dentro del tanque. La medida podría variar hasta una media pulgada de la medida real.

El medidor se encuentra a una distancia aproximada de seis pies del piso del tanque y lo más próximo posible a la escalera de acceso al techo. Su funcionamiento se basa en un flotador dentro del tanque, que nos da la lectura en el medidor de su posición en función de la cantidad de producto. Las variaciones de su posición pueden ser ocasionadas por muchos factores, desde el movimiento de producto, hasta variaciones de volumen por la temperatura del producto.

Sin embargo, las cintas automáticas de medición son de gran utilidad para tener una buena referencia de la cantidad de producto en el tanque y adicionalmente cuando por razones de seguridad no se puede ingresar al techo para tener una medida más precisa. Un ejemplo de instalación de cinta automática de medición puede ser observado en la figura 2.1. En la figura 2.3 tenemos un esquema detallado de la una cinta automática de medición. Información adicional relacionada con la instalación y operación de la cinta automática, puede ser consultada en figura 3.5.

#### **2. Capacidad de tanques:**

Como ya fue mencionado anteriormente, las dimensiones de los tanques pueden variar grandemente dependiendo del tipo y cantidad de producto que contienen. Lo importante es establecer un sistema de medición que nos permita estandarizar las unidades de medida en toda la instalación.



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	PART NO.
1	Gage Head	(See Instructions 93-020)	
2	Bracket	Steel	JA 3438-1
3	Guide Wire Spring Ass'y. (includes:)	Steel	JB 3486-11
(a)	Retainer	Steel	851421-001
(b)	Guide Tube Assembly	Steel	851419-001
(c)	Spring	Steel	567-511
(d)	Pipe Coupling	Steel	229-35
(e)	Tank Nipple	Steel	805-502
(f)	Pipe Nipple (1-1/4 NPT x 7)	Steel	229-337
(g)	Pipe Cap (1-1/4 NPT)	Steel	229-34
4	Pulley Assembly	Normal Service Part Alum. JB 3560-4 Severe Service Steel JB 3560-5 Ammonia Service All Alum. JB 3560-6	
	Includes:		
(a)	Hex Hd. Screw	Steel	208-12
(b)	Cover	Aluminum	630-518
(c)	Gasket	Asbestos	
(d)	Cap Nut	Steel	530-511
(e)	Washer	Fiber	546-601
(f)	Pulley - For JB-3560-4	Phenolic	579-14
(g)	Bearing	Cast Alum.	090139
(h)	Washer	Teflon	805-1
(i)	Shaft	Stain. St.	579-505
(j)	Shaft	Stain. St.	660-508
5	Inspection Frame and Cover (includes:)	Steel	JB-3530-1
	Gasket	Asbestos	
	Base		530-991
6	Guide Wire*	Stain. St.	117-5*
7	Reading Tape* or Tape-Cable Assembly*	Stain. St.	---
8	Tape Clamp	Stain. St.	090142
9	Thimble	Stain. St.	514-504
10	Float	Pyrex Glass UC 1000-1 Polyethylene 9399-1000	
11	Anchor Bar	Steel	JA 3540-3
12	Cable Block Valve (See Instructions 93-421)		93421-21

FIGURA 2.3  
Cinta automática de medición

Durante el desarrollo de este proyecto se establecerá el siguiente sistema de medición:

Todas las dimensiones lineales del tanque se efectuarán en pies, pulgadas y fracción de pulgada. De aquí que la fracción más pequeña de medición será entonces 1/16 de pulgada. De hecho 1/16 de pulgada nos permite obtener todavía una medida confiable de cantidad de producto dentro de un tanque. Una fracción mayor (1/8) proporcionaría un margen de error en volumen de producto demasiado grande y, por el contrario, una medida más pequeña (1/32), ya no sería una medida confiable.

La unidad de volumen se efectuará en galones americanos (USG). Debido a que las dimensiones de los tanques de almacenamiento permiten almacenar, típicamente, rangos desde 7,000 usg hasta 3,000,000 usg o más. La unidad usg es suficiente para referirse a cualquier volumen de producto i.e, no es necesario dividir la unidad usg en partes más pequeñas para obtener una medida exacta de la cantidad de producto almacenada dentro del tanque.

Como referencia podemos agregar una tercera medida, debido a que es utilizada muy raramente en este proyecto, ésta es la unidad de temperatura. Todas las temperaturas de producto almacenado están en grados Fahrenheit (°F). La división más pequeña de esta unidad será hasta centésima de grado. Una centésima de grado podría ocasionar variaciones considerables de producto, cuando este es un volumen considerable (2,000,000 o 3,000,000 usg).

En resumen, las unidad de medición lineal que se utilizará es el pie, pulgada y fracción; lo referente a medida de capacidad o volumen a usar es el galón americano (usg) y no se considerará en fracciones. Finalmente la unidad de temperatura será el grado Fahrenheit (°F) y se operará hasta en centésimas de grado, para obtener una medición más exacta.

### 3. Sistemas de protección:

Uno de los objetivos más importantes de cualquier operación, que se efectúa en una planta de almacenamiento de producto combustible, es garantizar la seguridad de la misma. Los procedimientos establecidos deben efectuarse al pie de la letra, independientemente del tipo de producto que se esté manipulando o del tiempo.

Toda la tecnología y el equipo de control, debe ser combinado con la labor de los empleados de planta para producir resultados óptimos. Teniendo esto como primer objetivo, debemos tomar en segundo plano, los factores económicos.

Con equipos de protección efectivos, una adecuada supervisión y mantenimiento preventivo adecuado, se podrá efectuar cualquier operación de planta en una forma exitosa y segura.

Esta sección contempla conceptos y cálculos básicos que deben ser utilizados como estándares para las operaciones en planta. Los estándares establecidos en esta sección, no se pretende que sean utilizados exactamente para todas las instalaciones, sin embargo, nos dan un buen punto de partida para poder efectuar analogías en instalaciones similares.

#### a. Clasificación de áreas de riesgo:

Todas las áreas de tanques de almacenamiento de producto combustible deben estar clasificadas en una de tres grandes categorías, en lo que a riesgo se refiere; y en función de ello, determinar los elementos de protección. Es importante mencionar que una área determinada puede contemplar secciones de diferentes categorías i.e, secciones de mayor riesgo que otras.

#### **CATEGORIA I:**

Desde el punto de vista de riesgo, esta categoría contempla todas las áreas de tanques que requieren el mayor grado de protección, como ejemplo de estas áreas tenemos:

- Areas cerradas y congestionadas de vapores combustibles (Ej: interior de un

tanque de gasolina de aviación).

- Areas de almacenamiento de L.P.G.
- Almacenamiento de químicos de bajo punto de llama.

### **CATEGORIA II:**

Menos peligro para el personal o alrededores, estas áreas deben ser consideradas como importantes pero no críticas, para las operaciones en planta, como ejemplo tenemos:

- Areas menos congestionadas de vapores combustibles (Ej: interior de un tanque de LDO).
- Alrededores de tanques de almacenamiento de gasolinas o LPG.

### **CATEGORIA III:**

Areas de ningún o muy poco riesgo para el personal y alrededores, como ejemplo podemos mencionar:

- Areas de patio bien ventiladas y oficinas de operación.

### **FACTORES DE CONSIDERACION PARA CLASIFICACION:**

Los siguientes factores deben ser considerados para evaluar individualmente las secciones de las áreas de almacenamiento de producto combustible, para establecer las categorías de riesgo:

- Tipo de producto almacenado; punto de llama menor de 130° F.
- Ubicación del punto de abastecimiento de la terminal, ie. muelle de atracado de tanqueros o proximidad de la refinería.
- Tipo de comunicación entre las oficinas de la terminal, área de tanques y áreas de despacho.
- Frecuencia, tamaño y rata de recepción de producto (grandes ratas de recepción vrs. pequeñas capacidades de almacenamiento).
- Métodos de recepción: tubería, tanquero, buque, camiones de carga, etc.

- Alrededores de las áreas de almacenamiento (áreas ventiladas y abiertas vrs. áreas comerciales o de almacenamiento de L.P.G.).

Tomando en cuenta todos estos factores, algunos adicionales y particulares de cada región de operación, se puede determinar la categoría de las áreas de los tanques de almacenamiento de producto combustible y elegir el tipo de sistema de protección que debe ser instalado.

**b. Alturas de operación y dispositivos de control:**

Las alturas de trabajo de los tanques de almacenamiento se deben manipular en las operaciones de trasiego con ciertos parámetros de volumen y altura que es necesario establecer en esta sección. Por ejemplo, los tanques no poseen una sola altura, por lo menos tres alturas deben estar involucradas en todo el proceso; estas se describen a continuación:

**Altura del tanque:**

La altura del tanque no es más que la misma altura física del tanque, ie. desde el fondo al techo. Esta altura debe tomarse como referencia (adicionalmente con otros parámetros de bombeo de producto), para determinar el resto de las alturas de operación. La altura del tanque puede ser observada en la figura 2.4.

**Altura máxima de trabajo:**

La "altura máxima de trabajo" del tanque será definida como aquella que nos garantiza que podrá entrar producto al tanque por diez minutos más, sobre el volumen máximo de trabajo, antes de que se alcance "la altura de tanque".

Luego de haber alcanzado la altura máxima de trabajo, podrá bombearse diez minutos más de producto al tanque antes de que ocurra un derrame. Para calcular la altura máxima de trabajo hay que considerar dos factores: la capacidad del tanque (i.e, la cantidad de galones por 1/16") y los galones por minuto (gpm) a los que se bombea el producto.

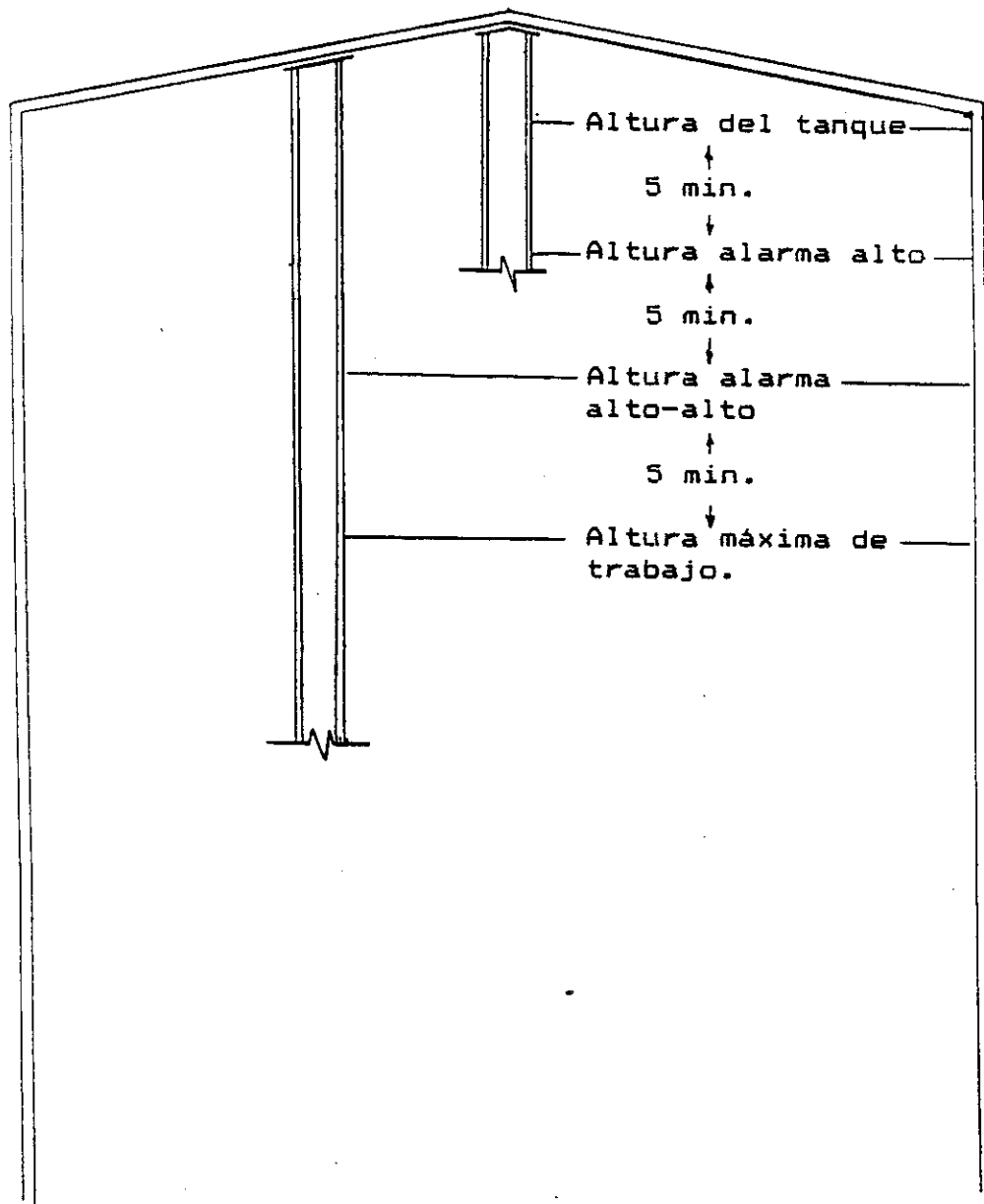


FIGURA 2.4  
Alturas de operación de tanques

De acuerdo a la experiencia en operaciones, se ha determinado que 10 minutos es un valor adecuado entre la "altura del tanque" y la "altura máxima de trabajo". El tiempo es suficiente para determinar cualquier tipo de acción antes de que el producto se derrame. Por el contrario, este tiempo no puede hacerse muy grande debido a que produciría que el volumen de operación del tanque no se aprovechará al máximo.

En algunos casos particulares, cuando la capacidad de almacenamiento es lo suficientemente grande (Ej: 1, 2 o 3 millones de usg), puede considerarse una "altura máxima de trabajo" que esté 15 minutos por debajo de la "altura del tanque". Esto se debe a que las ratas de bombeo se incrementan considerablemente y los volúmenes de producto también son bastante altos. En la figura 2.4 puede observarse "la altura del tanque" y la "altura máxima de trabajo".

A continuación procederemos a efectuar el cálculo de la altura máxima de trabajo para lo cual definiremos los siguientes parámetros:

Volt : volumen del tanque	GPM : rata de bombeo (gpm)
PI : constante 3.141516	Vmt : volumen máximo trabajo
DT : diámetro del tanque	Vlim : volumen en 10 min. de bombeo
AT : altura del tanque	
Amt : altura máxima de trabajo	

$Volt = PI * (DT^2) / 4 * AT$ , el volumen máximo de trabajo viene dado por,

$Vmt = Volt - Vlim = Volt - 10 * GPM$  la altura máxima de trabajo sera,

(notese que 10 min. fueron considerados para este análisis, si el tanque estuviera siendo operado con dos alarmas, se debería utilizar 15 min.)

$$Amt = Vmt * AT / Volt$$

Es importante notar que la altura máxima de trabajo nunca debe ser excedida por ninguna circunstancia, de lo contrario se corre el riesgo de ocasionar un derrame. Hay

que recordar que la mayoría de las ratas de bombeo hacia los tanques son bastante altas y se podría perder el control de la operación fácilmente.

#### **Altura de alarmas de nivel:**

La "altura de alarma de nivel" la vamos a definir como la altura que se encuentra a 5 minutos de bombeo de producto de la "altura máxima de trabajo".

Luego de que el producto ha alcanzado la "altura máxima de trabajo", deberán transcurrir cinco minutos de bombeo adicionales para que la alarma de alto nivel se active.

Luego de que la alarma de alto nivel (HLA) se ha activado, se tienen cinco minutos adicionales para efectuar los procedimientos de paro de emergencia, antes de que el producto se derrame. Nuevamente, factores de experiencia han mostrado que cinco minutos son suficientes para proceder a un paro de emergencia de bombeo de producto. Un tiempo mayor llevaría como consecuencia que se perdiera capacidad de almacenamiento del tanque.

En algunos casos especiales, donde el volumen de los tanques de almacenamiento es considerable (mayor de 1 millón de usg, por ejemplo), se puede incrementar una alarma de nivel. La primera es llamada ALARMA ALTO, ésta deberá ser colocada a 5 minutos de la "altura máxima" de trabajo (considerando para este caso que el tiempo entre la "altura del tanque" y la altura máxima de trabajo es 15 minutos). La segunda ALARMA ALTO-ALTO está a 10 minutos de la "altura máxima de trabajo". Como puede notarse, el propósito de los procedimientos de operación de trasiego es garantizar una operación segura en todo aspecto.

Un ejemplo de los niveles de las alturas de las alarmas se muestra en la figura 2.4.

Para determinar la "altura de alarma de nivel" se deben definir los siguientes parámetros:

Vhla : volumen en 5 min. de bombeo

AAL : altura de alarma de nivel

VAN : volumen de alarma de nivel

$$VAN = Volt - Vhla = Volt - 5 * GPM \text{ la altura de alarma de nivel sera,}$$

(notese que se considera únicamente una alarma de nivel, para este análisis, si el tanque estuviera siendo operado con dos alarmas, se debería calcular la altura de alto y la de alto-alto tambien.)

$$AAL = VAN * AT / Volt$$

Las alturas de las alarmas de nivel deben ser respetadas y consideradas en los procedimientos de trasiego de producto. El tiempo antes de que ocurra un derrame de producto es suficiente para controlar cualquier percance. Si los procedimientos se efectuan al pie de la letra se obtendrá una operación segura y eficiente.

#### **c. Instalación eléctrica:**

Para todas aquellas áreas de tanques de productos combustibles que sean de CATEGORIAS I o II, es necesario tomar en cuenta el tipo de instalación eléctrica que se va a efectuar.

Estas categorías deben tener instalaciones eléctricas a prueba de explosión. Esto incluye sellos eléctricos, dispositivos a prueba de explosión, rosca fina en las cajas de registros, etc.

Nuevamente, el propósito es garantizar que las operaciones se efectúen en una forma segura. El proceso de instalación eléctrica se verá con más detalle en la sección de diseño e instalación.

#### **4. Tuberías de acceso:**

Los tanques de almacenamiento de producto se caracterizan por dos tipos de tuberías: entrada y salida de producto (E/S), y de drene (utilizada para extraer agua de los productos

combustibles desde el interior de los tanques).

Las tuberías de entrada y salida de producto se caracterizan por su diámetro, el cual está en función de las tasas máximas de bombeo de producto. Ejemplos típicos de diámetros de tuberías son 4", 6", 10" y 12". Las tuberías de entrada se encuentran generalmente a 1 o 2 pies del fondo del tanque y entran hasta el centro del mismo. En el centro del tanque tienen un codo a 90° y en dirección hacia el techo. Esto es para minimizar el chapoteo de producto dentro del tanque, cuando éste es bombeado. El chapoteo de producto es uno de los mayores contribuyentes de la generación de electricidad estática (esta parte se verá con más detalle en la sección correspondiente). La figura 2.5 nos muestra con más detalle la colocación de la tubería mencionada.

La tubería de salida no sale desde el centro del tanque, únicamente llega hasta las paredes del mismo. En algunas ocasiones y dependiendo de la capacidad de almacenamiento, esta tubería puede estar formada de una o dos succiones. Para tanques de capacidades pequeñas, generalmente basta con una sola succión de salida una válvula de timón en la entrada (las válvulas serán descritas en su sección correspondiente). Para tanques de capacidades grandes, es común tener dos tipos de succión: la succión alta a una distancia de 2 pies de la succión baja, ambas succiones con su respectivas válvulas de timón en la entrada.

La primera succión (alta) será utilizada durante la mayor parte de tiempo que se descargue el tanque, entre más alta esté la succión, se obtendrá producto claro y brillante y con menos posibilidad de que esté contaminado con agua. La succión baja se utiliza al final, pero se deben incrementar los controles de calidad. En la medida de lo posible es preferible no utilizar esta sección. En la figura 2.5, podemos observar un ejemplo de estos tipos de succión.

Finalmente tenemos la tubería de drenaje, ésta entra hasta el centro del tanque y

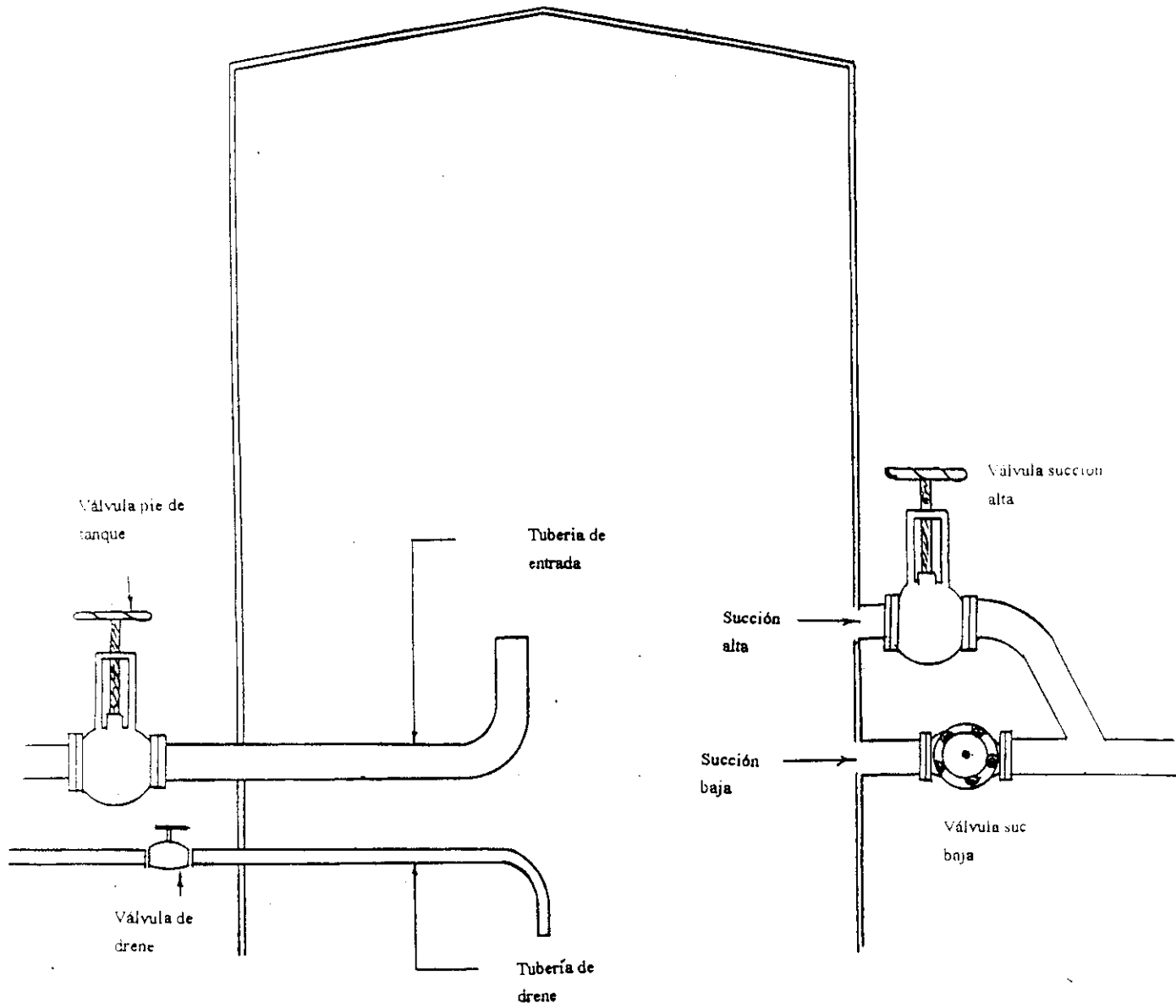


FIGURA 2.5  
Tubería de entrada y salida de tanques

mediante un codo a 90° y en dirección hacia el fondo puede acceder las partes más bajas del tanque. Su diámetro característico es de 2", y en la salida del tanque tiene una válvula de timón que finaliza en un flange (acople entre tuberías) de 4".

Esta tubería tiene como objetivo extraer toda el agua acumulada (que por diferencia de gravedad específica se acumula en el fondo del tanque). Esto se debe a que las corrientes de aire nocturnas arrastran agua evaporada hacia el interior del tanque, la cual se condensa y se acumula en el fondo. El proceso de drenaje de agua del fondo de los tanques se efectúa de una forma sencilla, ya que ésta es desplazada como consecuencia de la fuerza ejercida por el peso del producto sobre ella. En la figura 2.5, se describe gráficamente una instalación típica de esta tubería.

## **5. Generación de electricidad estática:**

Uno de los puntos más críticos en las operaciones de movimiento de producto de un tanque a otro es lo referente a la generación de electricidad estática. La generación de electricidad estática dentro de un tanque o sus paredes podría llevar a consecuencias desastrosas.

Una pequeña chispa en un lugar de altas concentraciones de vapores combustibles sería suficiente para producir una llama y quizá hasta un siniestro de consecuencias devastadoras. De aquí que las fuentes de generación deben ser eliminadas al máximo.

### **a. Fuentes de generación de electricidad estática:**

#### **Movimiento de producto hacia el interior del tanque:**

El movimiento de producto dentro de un tanque puede generar mucha electricidad estática, si no se manipula de una forma adecuada. Cuando el producto entra al tanque a grandes velocidades y chapotea dentro del tanque, hay una gran generación de electricidad estática: primero por la fricción en la tubería de entrada, la cual está conectada a las paredes del tanque, y segundo por el propio chapoteo del producto.

La electricidad estática se acumula de una forma aleatoria ya sea en la superficie del producto o en las paredes del tanque.

**Extracción de producto del tanque:**

Cuando se extrae producto de un tanque se genera una pequeña cantidad de electricidad estática en las paredes del tanque como consecuencia de la fricción entre el producto y las paredes cuando se resbala por ellas.

Aunque la generación en este caso es poca, podría ser suficiente para ocasionar una chispa dentro del tanque si no se tiene cuidado en las operaciones que se efectúan. Por ejemplo, si se introduce un elemento de carga neutra como una cinta de medición, botella de muestras, etc., podría saltar la chispa de la superficie del producto hacia el elemento descargado cuando este esté suficientemente próximo.

**b. Eliminar el riesgo de generación de chispa:**

Como puede notarse, la generación de electricidad estática está presente en toda operación que involucra movimiento de producto en los tanques de almacenamiento. Pudimos notar además que si una chispa salta en el interior de un tanque, ésta podría ocasionar una llama (dependiendo del tipo de producto que se almacena).

Como consecuencia se deben eliminar al máximo todas las posibilidades de generación de electricidad estática en el interior o paredes de un tanque. Para eliminar este riesgo, hay que considerar los siguientes factores:

**Ratas bajas de bombeo de producto:**

Al inicio de cada operación de movimiento de producto, es importante que la rata de bombeo sea más baja que la máxima, un valor típico sería un flujo a media rata de bombeo. El tiempo de este bombeo a flujo medio debe garantizar que los primeros tres pies de la altura del tanque, queden cubiertos.

Cubriendo los primeros tres pies de altura, garantizamos que quede cubierta la

tubearía de salida y por lo tanto que el mismo producto evite el chapoteo de producto. El bombeo de producto a flujo mediano, eliminará grandemente la generación de electricidad estática.

**Aterrizaje de elementos:**

Todos los equipos involucrados en las operaciones de movimiento de producto, deben estar debidamente aterrizados. El cuerpo de los tanques, las tuberías, bombas etc. deben estar conectados a tierra física. Con esto se consigue que cualquier generación de electricidad estática sea disipada luego de transcurrido un tiempo de relajamiento.

**Evitar actividades mientras hay movimiento de producto:**

Todo tipo de actividad debe ser suspendida mientras se está sacando o ingresando producto dentro de un tanque. Durante el tiempo que duren las operaciones de movimiento de producto entre tanques, no debe efectuarse ningún tipo de actividades tales como: medición de altura de producto, toma de muestras de producto, etc. Estas operaciones deben ser efectuadas hasta el final de la operación.

**Tiempo de relajamiento:**

Luego de que las operaciones de movimiento de producto entre tanques ha concluido, hay que esperar un tiempo prudencial antes de efectuar cualquier tipo de actividad. El tiempo de espera se determina en función del volumen del tanque receptor. Un valor aceptable para este tiempo de relajamiento es una hora. Durante este tiempo todas las cargas generadas se habrán disipado a tierra.

**B. Bombas:**

La mayoría de los procesos industriales y de plantas envuelven el movimiento de productos, o su transferencia desde un nivel de presión o energía estática a otro. Las bombas son el medio mecánico que nos permite efectuar ese transporte.

El bombeo no es más que la adición de energía cinética y potencial a un líquido con el propósito de moverlo desde un punto a otro. Esta energía causará que el líquido haga un trabajo, como el de recorrer el interior de una tubería o alcanzar otro nivel de energía potencial. Una bomba transforma energía mecánica desde un impeler que está rotando a energía cinética o potencial, lo cual es requerido para que el movimiento de producto se produzca.

Las bombas que se utilizan para este tipo de proyectos están diseñadas para transferir con eficiencia grandes volúmenes de líquidos no-corrosivos, con rangos de viscosidad desde solventes muy livianos hasta aceites pesados o melazas.

Las bombas de mayor aplicación tienen características similares: puertos flangeados de 6", 8" y 10"; las capacidades de bombeo va desde los 300 a 2300 gpm. Si las capacidades requeridas son mayores, se pueden colocar en paralelo. Dichas bombas están diseñadas para ser colocadas horizontal o verticalmente.

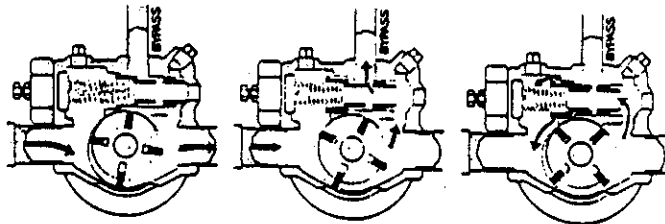
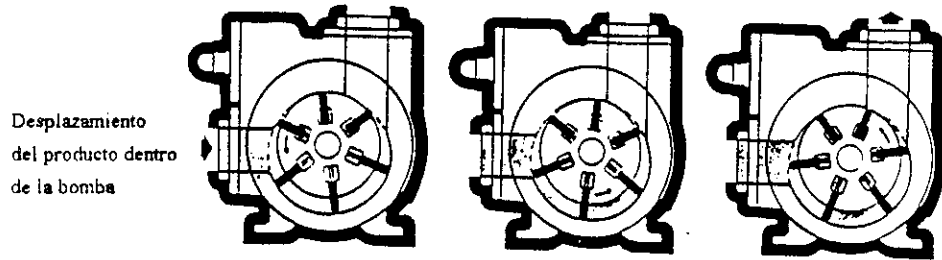
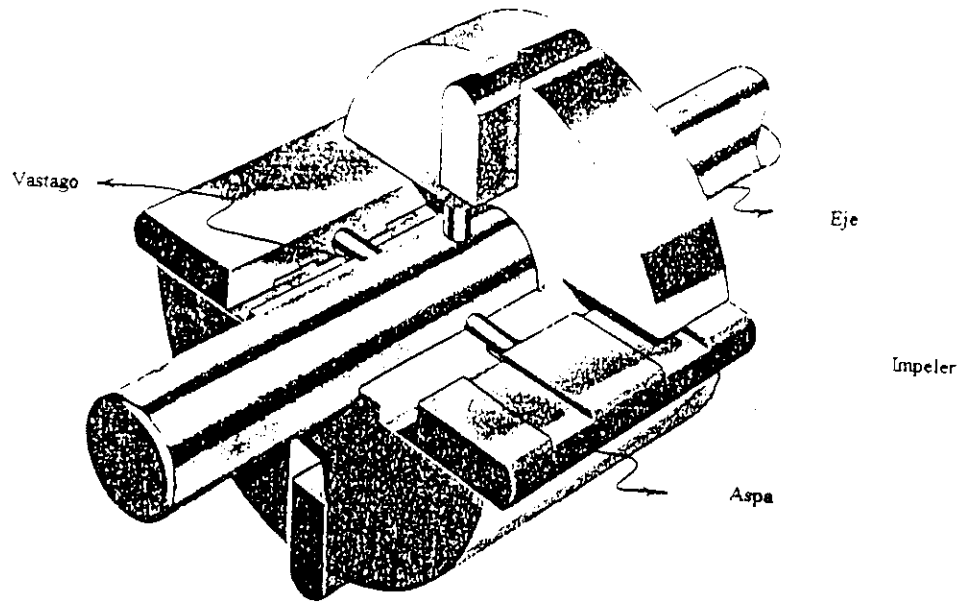
Los niveles de viscosidad pueden llegar hasta 100,000 SSU. El rango máximo de temperatura es 500°F y una máxima presión diferencial de 150 psi.

### **1. Características de operación:**

Como puede observarse en la figura 2.6, la bomba utiliza un rotor con aspas que se deslizan para succionar el líquido por detrás de ellas, desde el puerto de entrada hasta llegar a la cámara de bombeo. A medida que el rotor gira, el líquido es transferido entre las aspas hacia la salida donde es descargado a medida que la cámara de bombeo se hace más angosta.

El contacto entre las aspas y las paredes de la cámara de bombeo es mantenido por tres fuerzas principales:

1. una fuerza centrífuga que proviene del giro del rotor.
2. la presión del bastago que se mueve entre dos aspas opuestas.



Operación de alivio

BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FIGURA 2.6  
Operación de bomba de trasiego

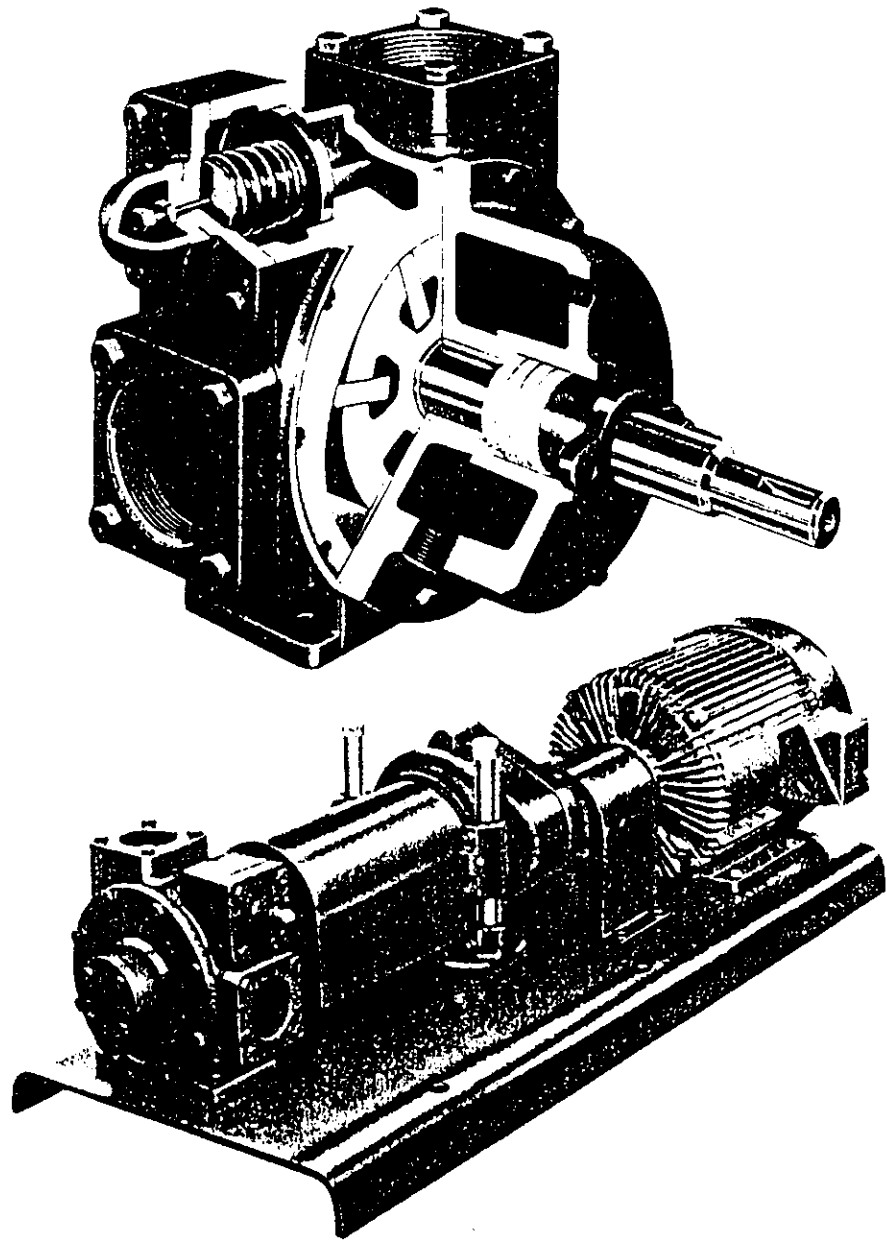


Diagrama de bomba típica para  
operación de trasiego

# STANDARD MATERIALS OF CONSTRUCTION

PUMP MODEL	VANES	SHAFT PACKING	OPTIONAL MECHANICAL SEALS	INTERNAL BEARINGS	CYLINDER	HEADS	ROTOR	SHAFT	RELIEF VALVE	
									VALVE	SPRING
NP1 NP2 NP21 NP3	Duralyne	Teflon impregnated	John Crane Type 9	Metalized Carbon	Cast Iron	Cast Iron	Cast Iron	Hardened Steel with Keyway	Cast Iron	Cadmium Plated Steel
NP4	Composition									
NP211 NP22 NP212 NP33 NP34	Bronze									

Seal vane extra clearance construction and other material options are available when required for specific applications—Consult factory.

## PUMP PERFORMANCE DATA

PUMP SERIES		RATED PUMP SPEEDS (RPM)	CAPACITY RATINGS & HORSEPOWER REQUIRED @ 100 SSU (22 CENTISTOKES) VISCOSITY									MAXIMUM OPERATING CONDITIONS @ PUMP SPEEDS SHOWN					MAXIMUM LIQUID TEMPERATURE OF (°C)
MODEL	PORT SIZE (INCHES)		25 PSI (1.75 KG/CM <sup>2</sup> )			50 PSI (3.5 KG/CM <sup>2</sup> )			100 PSI (7.0 KG/CM <sup>2</sup> )			MAX. DIFFERENTIAL PRESSURE PSI (KG/CM <sup>2</sup> )			MAX. LIQUID VISCOSITY (SSU (CENTISTOKES))		
			GPM	LPM	HP	GPM	LPM	HP	GPM	LPM	HP	0-3 HOUR DUTY	3-8 HOUR DUTY	8-24 HOUR DUTY	WITH STANDARD CONST.	WITH OPTIONAL CONST.	
NPIU11	1 1/2	640	45	170	1.4	44	167	2.2	43	163	3.7	125 (8.8)	100 (7.0)	75 (5.3)	1,000 (220)	1,000 (220)	500 250
		520	37	140	1.1	36	136	1.7	34	129	2.9	150 (10.5)	125 (8.8)	100 (7.0)	3,000 (630)	3,000 (630)	
		420	29	110	0.8	28	106	1.3	26	98	2.3	150 (10.5)	125 (8.8)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	10,000 (2,200)	
		350	24	91	0.6	23	87	1.2	21	79	2.0	150 (10.5)	150 (10.5)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	15,000 (3,150)	
NPIU12	2	640	74	280	1.8	73	278	3.0	71	269	5.4	125 (8.8)	100 (7.0)	75 (5.3)	1,000 (220)	1,000 (220)	500 250
		520	60	227	1.5	58	220	2.4	57	218	4.4	150 (10.5)	125 (8.8)	100 (7.0)	3,000 (630)	3,000 (630)	
		420	48	182	1.2	47	178	1.9	45	170	3.4	150 (10.5)	150 (10.5)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	10,000 (2,200)	
		350	40	151	0.8	39	148	1.5	37	140	3.0	150 (10.5)	150 (10.5)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	15,000 (3,150)	
NPIU121	2 1/2	640	131	498	3.0	130	492	5.8	128	477	9.1	125 (8.8)	100 (7.0)	75 (5.3)	1,000 (220)	1,000 (220)	500 250
		520	106	401	2.5	104	394	4.2	101	382	7.5	150 (10.5)	125 (8.8)	100 (7.0)	3,000 (630)	3,000 (630)	
		420	88	328	2.0	85	322	3.2	83	314	6.0	150 (10.5)	125 (8.8)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	10,000 (2,200)	
		350	72	273	1.7	71	269	2.8	69	261	6.0	150 (10.5)	150 (10.5)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	15,000 (3,150)	
NPIU13	3	640	287	1011	5.5	285	1003	9.5	259	980	17.5	100 (7.0)	100 (7.0)	75 (5.3)	500 (105)	500 (105)	500 250
		520	217	821	4.5	214	810	7.8	208	787	14.2	100 (7.0)	100 (7.0)	75 (5.3)	2,000 (420)	2,000 (420)	
		420	174	659	3.5	172	651	6.2	168	628	11.5	150 (10.5)	125 (8.8)	100 (7.0)	7,500 (1,600)	7,500 (1,600)	
		350	144	545	3.0	142	533	5.0	138	515	9.5	150 (10.5)	150 (10.5)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	15,000 (3,150)	
NPIU14	4	500	505	1912	11.0	500	1893	17.5	480	1817	32.0	100 (7.0)	100 (7.0)	75 (5.3)	500 (105)	500 (105)	500 250
		400	405	1533	8.5	400	1514	15.0	380	1438	27.0	125 (8.8)	125 (8.8)	100 (7.0)	3,000 (630)	3,000 (630)	
		300	300	1138	7.0	290	1098	11.0	275	1041	20.0	150 (10.5)	150 (10.5)	100 (7.0)	10,000 (2,200)	10,000 (2,200)	
		200	225	852	6.0	220	833	8.0	200	757	15.0	150 (10.5)	150 (10.5)	125 (8.8)	10,000 (2,200)	20,000 (4,250)	

Características operativas de algunas bombas Blackmer

3. la presión del líquido que entra y actúa en la parte posterior del aspa.

Cada giro del rotor desplaza un volumen constante de fluido. Los efectos que produce las variaciones de presión y los incrementos de viscosidad, tienen efectos mínimos.

La gran ventaja que ofrece el sistema de las aspas deslizantes, es que pueden manipular una gran variedad de viscosidades, desde productos pesados como melazas o asfaltos, hasta productos livianos como combustibles. Este sistema disminuye grandemente la agitación del producto y por consiguiente la generación de electricidad estática.

El diseño de construcción de las bombas debe permitir que cualquiera de sus partes internas pueda ser cambiada o inspeccionada de una forma fácil y rápida. De hecho la bomba debe estar construida de tal forma que la mayoría de sus reparaciones puedan ser efectuadas sin tener que moverla de la línea de operación (ie. tubería a la que está conectada).

Una de las recomendaciones más importantes para el mantenimiento de las bombas, es que éstas no se pongan a trabajar en seco. Algunas de ellas pueden trabajar tiempos considerables antes que sufran un daño grave.

Una sección de las bombas que debe ser considerada, es las válvulas de alivio que trae incorporada. Esta válvula está específicamente diseñada para proteger la bomba de incrementos abruptos de presión, tales como los golpes de Ariete.

Como puede observarse en la figura 2.6, la válvula de alivio se mantiene cerrada durante una operación normal de bombeo. Si la presión se incrementa repentinamente, el exceso de presión (diferencia entre la presión máxima de trabajo y el valor pico), podrá ser recirculado a la misma línea o en una línea adicional. La presión de trabajo de las válvulas de alivio puede ser seleccionada en función de la presión máxima de bombeo. Un valor típico para esta presión de trabajo es 150 psi.

### C. Válvulas de control de flujo:

En la siguiente sección describiremos las características básicas de las válvulas que comúnmente se utilizan en una instalación, en la cual se almacena y manipula producto combustible. Las válvulas de paso existen en una gran variedad de formas y diseños, todo esto en función del tipo de aplicación para el cual se requiere.

Todas las válvulas tienen ciertas características en común. Todas ellas tienen un fluido que controlar; determinar si el fluido pasa o no, puede ser controlado de varias formas. Las válvulas son los elementos finales de regulación comúnmente utilizados en todo tipo de plantas de almacenamiento de producto. Puede decirse que es básicamente un orificio de restricción variable y su función consiste en modular, de acuerdo con una señal particular, el caudal de un fluido en proceso, de forma tal que se mantenga un control y equilibrio sobre él.

La señal que hará variar la apertura de la válvula y consecuentemente el caudal, puede ser generada bien en la propia válvula, en cuyo caso estaremos hablando de una válvula autorregulada; de una forma manual, en cuyo caso estaremos hablando de una válvula de timón o cuarto de vuelta o bien por un elemento externo, normalmente un controlador, en cuyo caso estaremos hablando de una válvula de control automático.

#### 1. Materiales de construcción:

A continuación se describe someramente las características de los principales materiales utilizados en la fabricación del cuerpo de la válvula.

Referente a las partes internas, el material generalmente utilizado es el acero inoxidable, aunque cada día toman auge otros tipos de materiales cuya dureza es superior.

Material	Temperatura (°C)	Características
Acero al carbón carbón ASTM 216 Gr WCB	-28 a 537	Es el material normalmente utilizado para fluidos no erosivos ni corrosivos. No suele ser utilizada en temperaturas superiores a 450 °C.

Material	Temperatura (°C)	Características
Acero al cromo molibdeno ASTM Gr WC9	-28 a 593	La adición del cromo le hace resistente a la corrosión y deformación. Resiste altas temperaturas, más altas que WCB.
Acero al cromo molibdeno ASTM	-28 a 593 <i>altas.</i>	Utilizado en fluidos moderadamente corrosivos. Resiste temperaturas y presiones Gr C5
Acero inoxidable ASTM, A351 Gr CF8	-253 a 815	Utilizado en fluidos oxidantes o corrosivos y en temperaturas criogénicas.

## 2. Decisión del tipo de válvula:

El proceso de selección de una válvula debe considerar muchos factores, algunos de los más importantes se listan a continuación:

- Tipo de control, grado de control y grado de paro de emergencia.
- Diseño de temperatura, presión y mínima presión de caída.
- Tipo de fluido: corrosivo, erosivo, con sólidos, etc.
- Características de operación, peligro de goteos, conservación de calor o frío.

Las características más importantes que deben considerarse de la válvula son las siguientes: tipo de cuerpo, especificaciones del material de los componentes del cuerpo, diseño industrial, etc. Normalmente también debe tomarse en cuenta la facilidad de reparaciones y mantenimiento.

## 3. Válvulas de compuerta:

El fluido pasa directamente en la válvula. Esta se abre al subir la compuerta fuera del camino. A medida que se abre, el área del camino del fluido cambia rápidamente y en una forma no lineal. Una válvula parcialmente abierta puede producir daños en el fondo y orillas de la compuerta debido a la erosión y vibración del disco.

Hay muchos tipos de válvulas de compuerta. Las más comunes y populares son las de compuerta de cuña, en las que dos compuertas se asientan en un pequeño ángulo de la

vertical. En posición de cerrado, la compuerta sella en contra de los dos acientos.

Hay muchas variaciones del diseño básico, como por ejemplo: compuerta sólida, compuerta flexible, de doble compuerta, de perno interno o externo, de asientos de anillos a presión, de timón, etc. Todas ellas con terminación de flange. Los valores típicos para los diámetros de los flanges terminales son: 4", 6" 8", 10" y 12".

En la figura 2.7, pueden observarse algunos ejemplos de éstas válvulas de timon.

#### **Ventajas:**

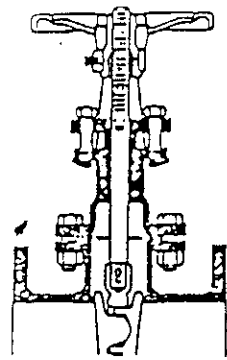
Debido a que la sección transversal de la válvula abierta, es normalmente del mismo tamaño de la sección de tubería a la que se encuentra conectada, la caída de presión en la válvula es relativamente baja. La válvula es cerrada mediante un disco que casa exactamente entre los asientos y si no es debido a fluctuaciones extremadamente altas de temperatura, ésta ofrece un cerrado hermético. Y fácilmente acoplable en cualquier tipo de tubería.

#### **Desventajas:**

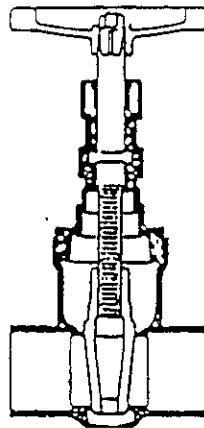
La válvula no puede tener un cierre inmediato. Para que la válvula pueda ser cerrada o abierta totalmente, es necesario que la compuerta sea movilizada totalmente. En algunas aplicaciones el tiempo de operación puede ser crucial. Para efectuar algún tipo de reparación en los asientos de las válvulas, toda ella debe ser movida fuera de su línea de operación; esto es como consecuencia de la forma en que la válvula es desarmada. Por último, si la temperatura del fluido que se hace circular por su interior se cambia rápidamente, los asientos pueden saltar de sus posiciones; provocando de esa forma que pueda existir contaminación de fluidos.

#### **4. Válvulas reguladas automáticas:**

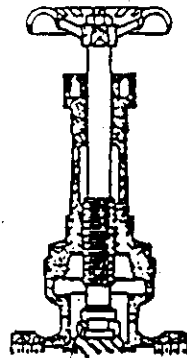
Las válvulas automáticas están diseñadas para funcionar con productos de baja densidad y un sistema de contadores que envían una señal a las válvulas solenoides, que



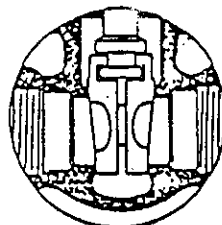
Rising steam, outside screw



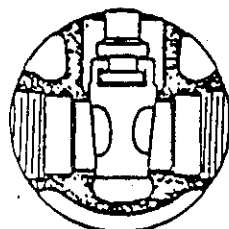
Non-rising screw



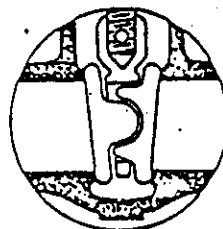
Inside screw



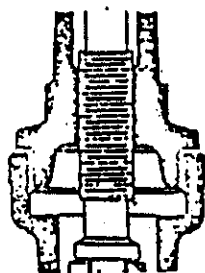
Flexible wedge



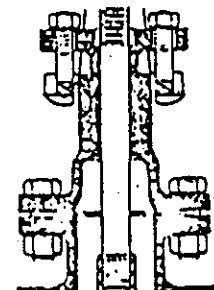
Solid wedge



Double disc



Screwed bonnet



Bolted bonnet

FIGURA 2.7  
Ejemplos de válvulas de timon

la controlan, para incrementar o decrementar gradualmente el flujo en su interior y finalmente cerrarla luego de que esta haya dejado pasar una cantidad determinada del líquido.

Cuando la válvula se encuentra desenergizada, ésta se encuentra totalmente cerrada, garantizando de esta forma que no habrá goteo en ninguno de sus dos extremos, pudiendo producir de esta forma una contaminación en el producto.

Cuando la válvula se manipula, inicialmente, a flujo medio, se puede obtener exactitud hasta de  $\pm 0.25$  gls. Este tipo de operación disminuye también la turbulencia del fluido dentro de la línea de operación, una de las mayores causas de generación de electricidad estática.

Estas válvulas de control automático, excepto por la forma del cuerpo, son todas iguales en diseño, aplicación y rendimiento. Por esta razón es que se puede contar con buen stock de repuestos para ellas.

En la figura 2.8, hay un ejemplo de este tipo de válvulas, un diagrama general y una de sus partes internas.

#### **a. Principio de operación:**

La gráfica 2.9, es una operación típica de carga, representa una secuencia de operación de la válvula automática. Algunos de los parámetros mostrados en ella están determinados experimentalmente y otros están en función de la aplicación para la cual se van a utilizar. Cada uno de los componentes está listado en los diagramas de operación de la válvula.

La curva de operación de carga está dividida en 8 zonas de izquierda a derecha. Como puede notarse en la gráfica, en el proceso de operación está incluido un flujo bajo o mediano, el cual deberá ser eliminado en el momento de utilizar la válvula únicamente para abierto o cerrado instantáneo. Las 8 zonas de operación se describen a continuación:

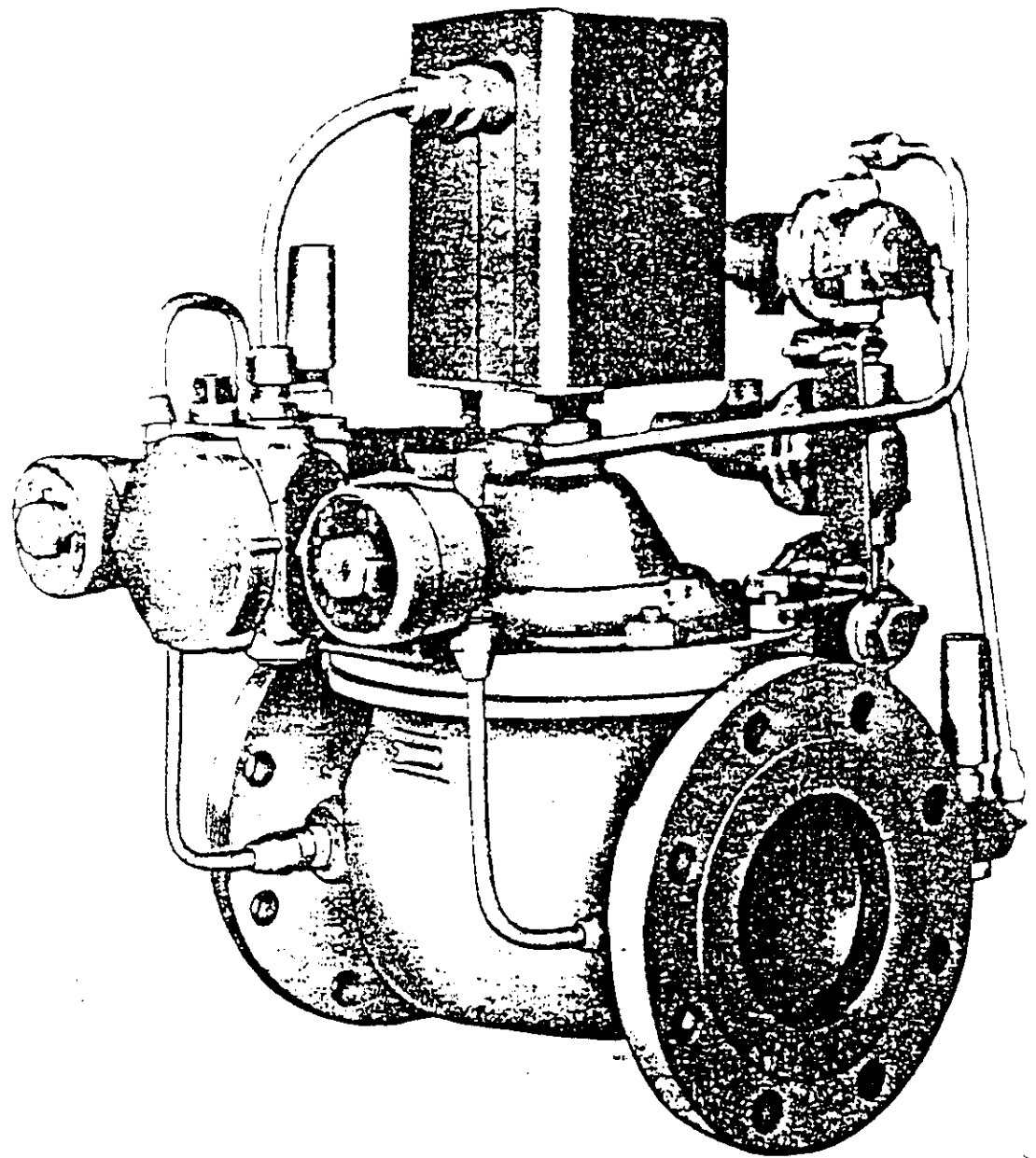
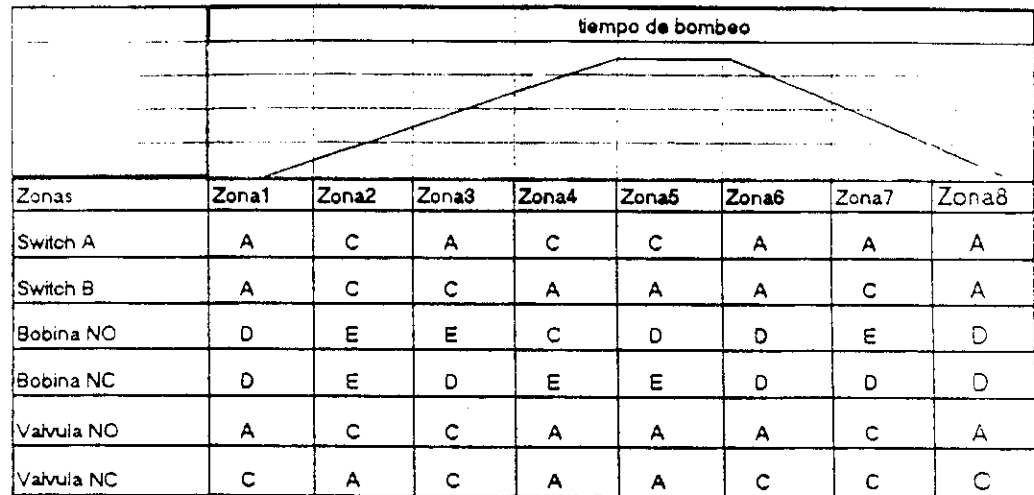


FIGURA 2.8  
Válvulas de control automático



Donde A: abierto      C: cerrado  
E: energizado      D: desenergizado

FIGURA 2.9

Cuadro de zonas para una operación típica de carga.

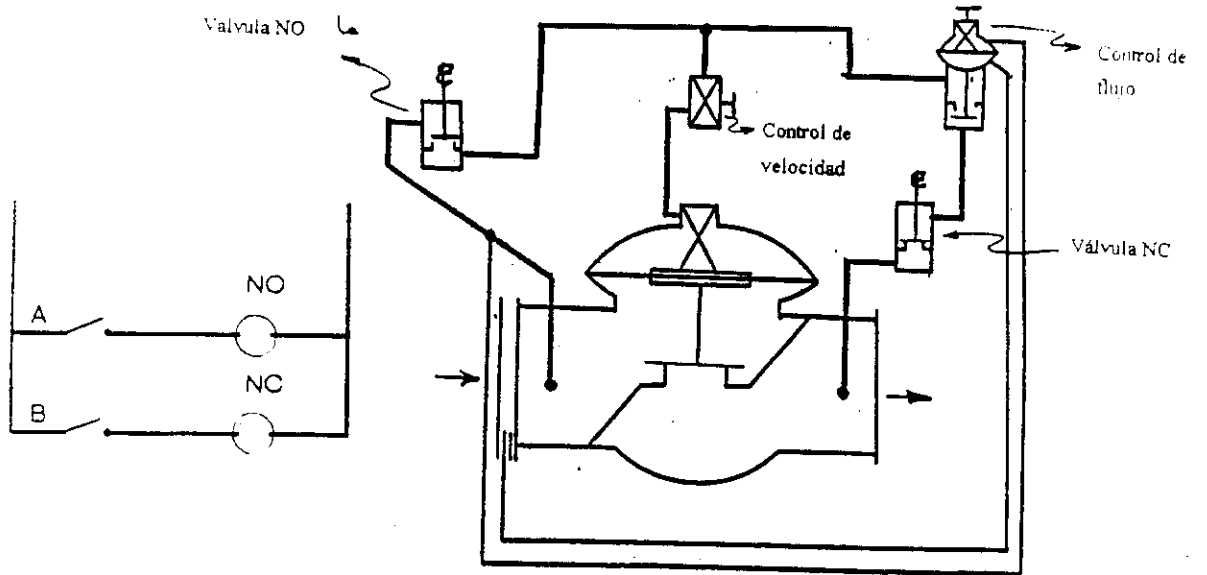
#### ZONA 1, Válvula cerrada:

Con los switches A y B abiertos, los solenoides están desenergizados, presurizando de esta forma la membrana de la válvula y manteniéndola completamente cerrada. Como puede notarse, esta zona es en la cual la válvula estará normalmente cuando no está energizada. Bajo estas condiciones la válvula debe estar cerrada, de tal forma que el producto no pase al otro extremo. Hay que recordar que si la válvula no cierra completamente, se podría contaminar el producto de alguno de los tanques de almacenamiento o producir un derrame, en caso de que la válvula sea utilizada como elemento terminal de línea.

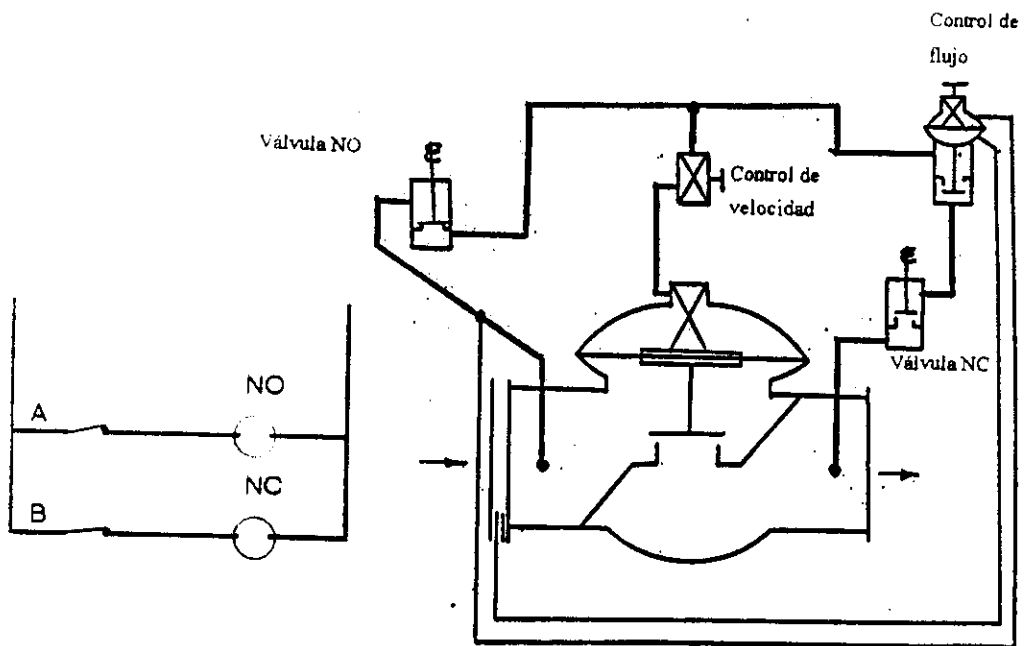
La figura correspondiente a la Zona 1, muestra la conexión eléctrica e hidráulica de la válvula, bajo esta operación.

#### Zona 2, Transición de la válvula de estado cerrado a movimiento en bajo flujo:

Cuando el producto comienza a fluir, deben activarse los switches A y B. Esto energizará los solenoides y producirá, como consecuencia inmediata, que la presión sobre la membrana pueda ser drenada a través del controlador de flujo y el solenoide



Zona 1, válvula cerrada.



Zona 2, transición de estado  
cerrado a flujo bajo.

normalmente cerrado. Como consecuencia la válvula iniciará a abrir y a dejar pasar el producto hacia el otro extremo.

Si la válvula no va a ser operada en flujo controlado, ie. únicamente de abierta o cerrada (on-off), este paso puede ser omitido.

La figura de la Zona 2, muestra una diagrama de la conexión eléctrica e hidráulica de la operación de la válvula en estas condiciones.

### **Zona 3, Condición de flujo mediano:**

Cuando la válvula principal se abre lo suficientemente, la válvula solenoide normalmente cerrada se desenergiza; esto produce que la válvula principal se bloquee hidráulicamente. En este punto la válvula no puede abrir ni cerrar.

En este punto la válvula se mantiene a flujo mediano por un tiempo determinado en función de la aplicación. Nuevamente, si la válvula se va a operar en on-off, este paso debe ser omitido.

La figura de la Zona 3, muestra una diagrama de la conexión eléctrica e hidráulica de la operación de la válvula en flujo medio.

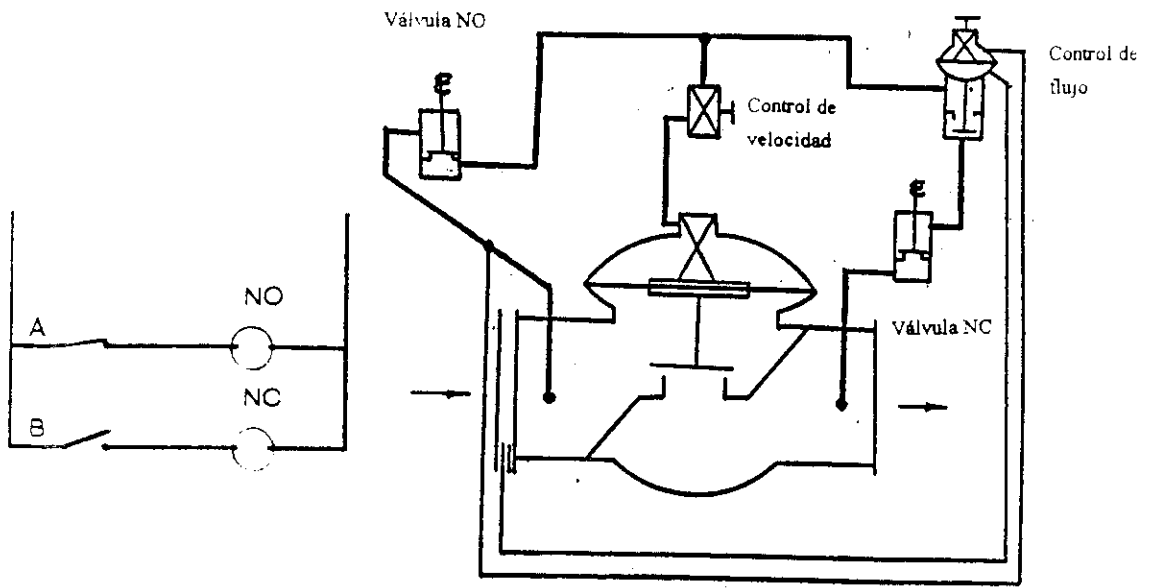
### **Zona 4, Transición de flujo medio a flujo alto:**

Luego de que el flujo ha sido controlado, la válvula puede abrirse totalmente, incrementando de esta forma el flujo en la línea.

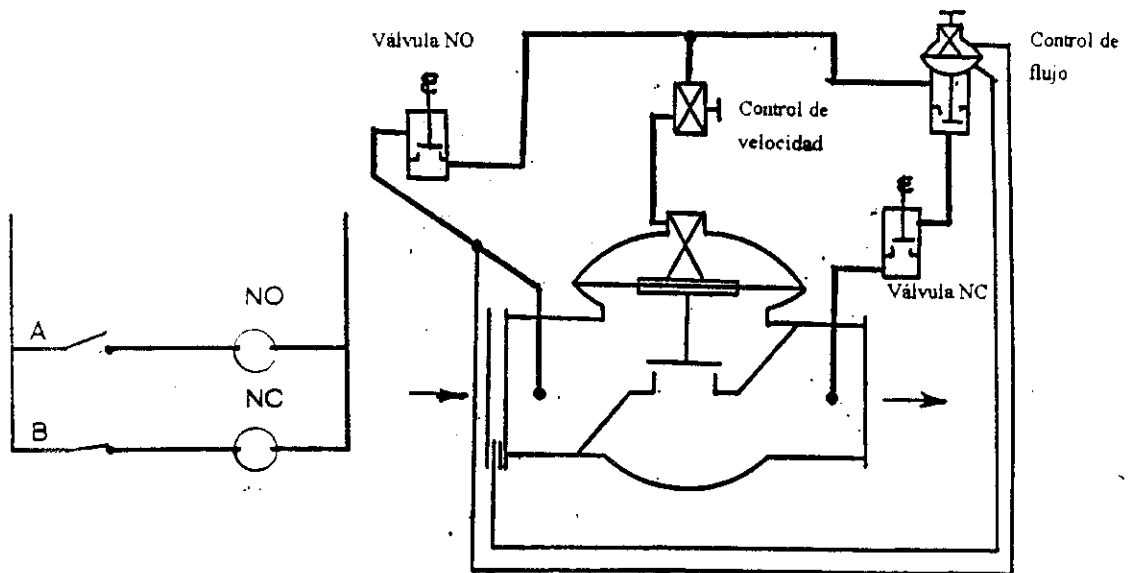
Para efectuar esta operación, se energiza la válvula solenoide normalmente cerrado y se desenergiza la válvula normalmente abierta. Esto le permite a la válvula abrir al flujo alto hasta el punto en el que un controlador comienza a modular la válvula.

En este punto, toda la presión de cierre de la válvula (en la membrana de paso) puede ser drenada en el extremo de la salida.

La figura que corresponde a la Zona 4, muestra una diagrama de la conexión eléctrica e hidráulica de la operación de la válvula en la transición de flujo medio a flujo alto.



Zona 3, condición de flujo mediano.



Zona 4, transición de flujo mediano a flujo alto.

**Zona 5, Condición de flujo alto:**

Cuando el flujo se aproxima a cierto límite, el controlador de flujo inicia su operación de muestreo de la presión diferencial, proporcional al flujo, desarrollada a través del orificio localizado en el flange de la válvula.

Esta presión diferencial causará que el controlador de flujo de la válvula empiece a cerrar; como consecuencia la presión sobre la cubierta de la válvula (membrana on-off) se incrementará, forzando a la válvula principal a modular el flujo. Un balance hidráulico es alcanzado, previniendo flujos excesivos.

En la figura de la Zona 5 se muestra una diagrama de la conexión eléctrica e hidráulica de la operación de la válvula en la condición de modulación del flujo alto.

**Zona 6, Transición del flujo alto a flujo mediano:**

Cuando la señal de transición es transmitida a la válvula, el switch A se abre, desenergizando la válvula solenoide normalmente cerrada y presurizando la cubierta de la válvula principal, lo que produce que la membrana empiece a cerrar. La velocidad a la cual la válvula alcanza el segundo estado de flujo, debe ser gobernado por el ajuste seleccionado previamente para el cerrado de emergencia; éste último no debe ser operado en forma diferente.

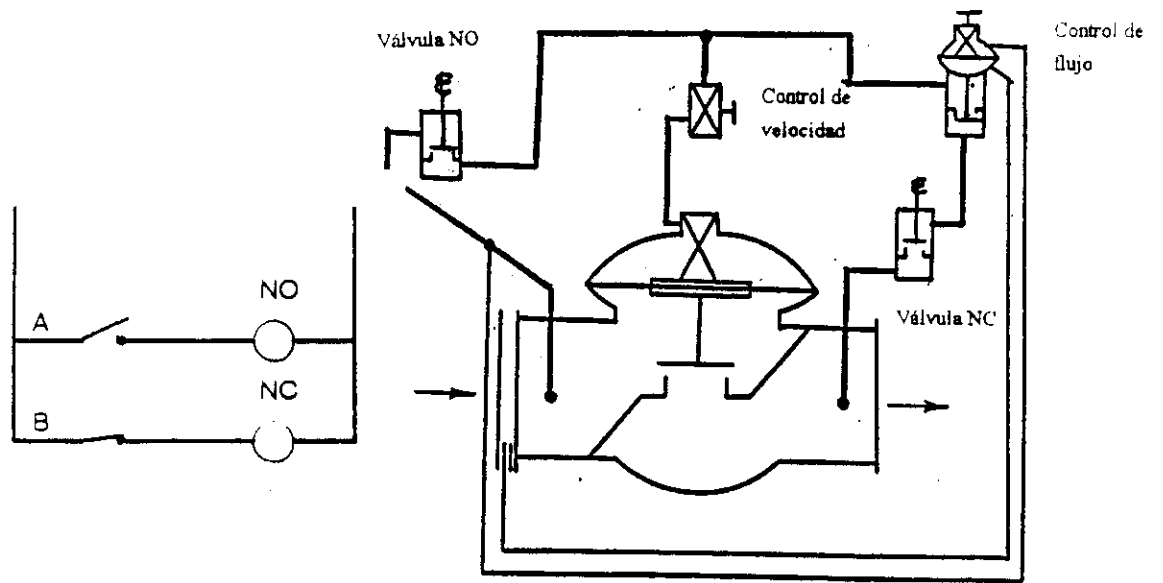
En la figura de la Zona 6 se muestra un diagrama de la conexión eléctrica e hidráulica de la transición de la válvula al segundo estado de flujo.

**Zona 7, Condición de flujo bajo:**

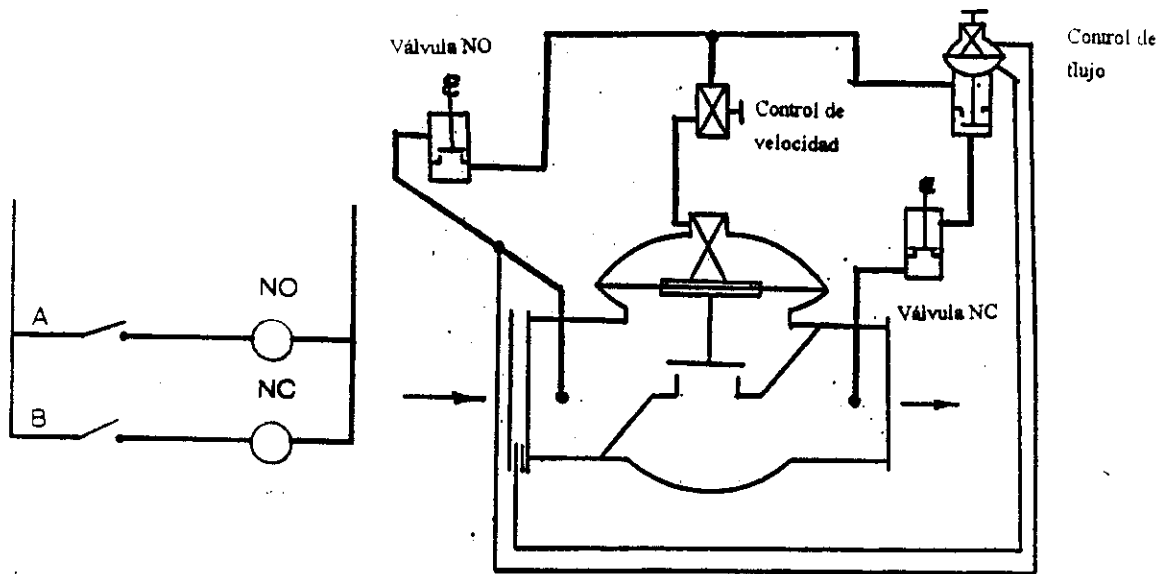
Cuando la válvula alcanza la posición de flujo bajo, se energiza la válvula solenoide normalmente abierta, lo cual producirá que la válvula principal se selle hidráulicamente.

La rata de flujo mediano debe ser aproximadamente el mismo que fue seleccionado para la Zona 3.

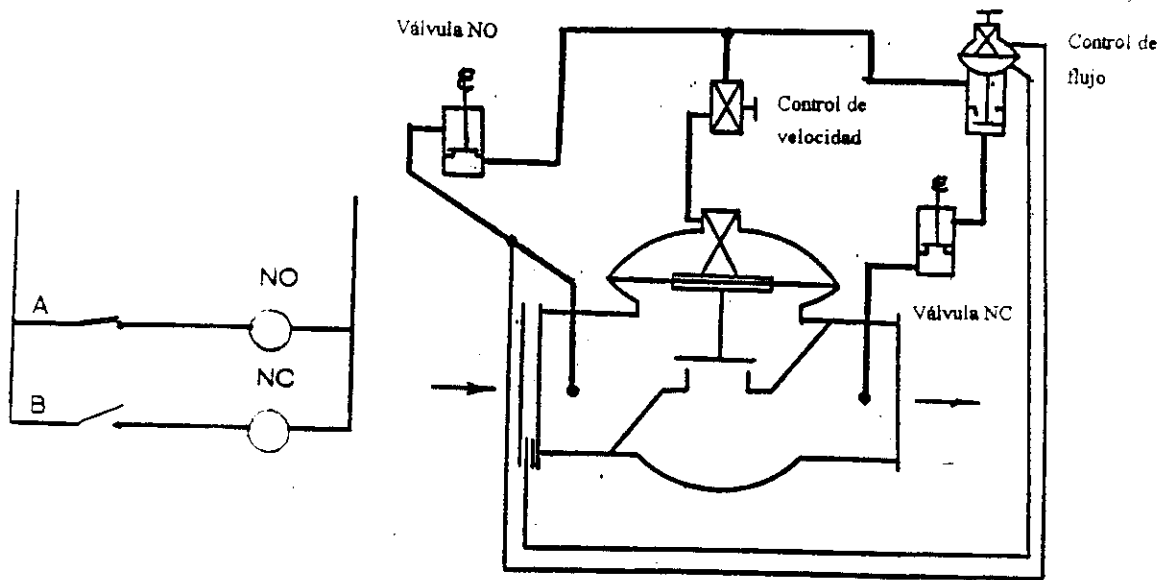
La figura de la Zona 7 muestra la operación eléctrica e hidráulica de la válvula en esta



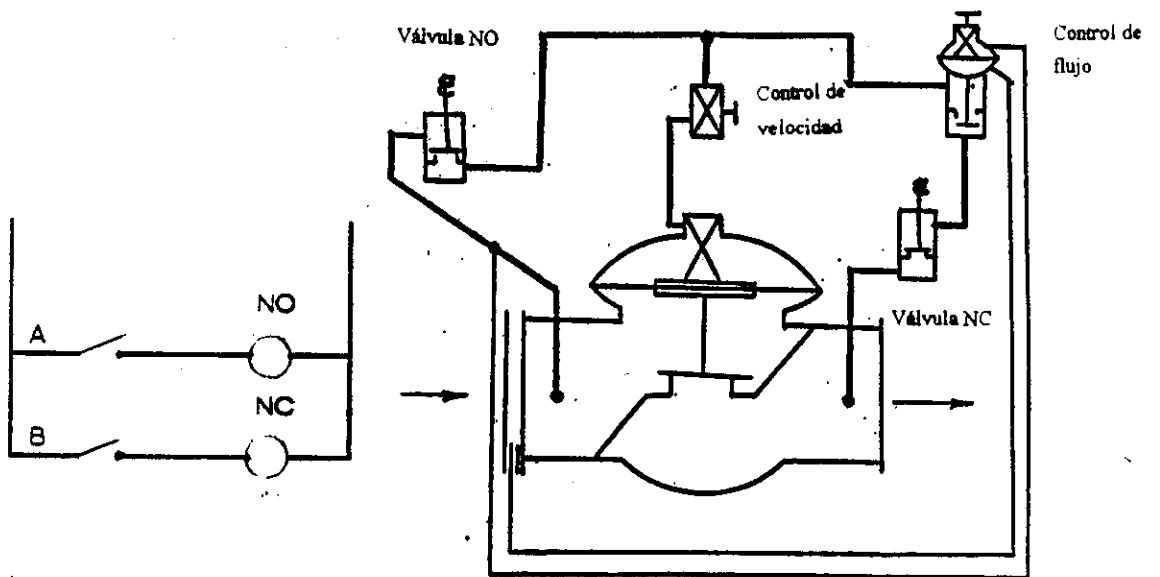
Zona 5. condición de flujo alto.



Zona 6. transición de flujo alto a flujo mediano.



Zona 7, condición de flujo bajo.



Zona 8, transición de flujo bajo a válvula cerrada.

zona.

**Zona 8, Transición de bajo flujo a válvula cerrada:**

Cuando las válvulas solenoides reciben la señal de que la válvula principal debe ser cerrada, el switch B se abre. Esto desenergiza la válvula solenoide normalmente cerrada, cerrando totalmente la válvula principal.

Esta última transición a válvula cerrada se muestra en la figura de la Zona 8, el diagrama eléctrico e hidráulico puede ser analizado en esta figura.

### III. DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE OPERACION

#### A. Descripción de la instalación:

##### 1. Interconexión entre tanques:

En la siguiente sección describiremos la forma de interconexión entre los dos tanques a trasegar. Todos los dispositivos de medición, control, etc. serán cubiertos aquí. Para tener una visión más clara, haremos referencia a la figura 3.1, en donde se encuentra un diagrama de toda la instalación.

Para ejemplificar el diseño, estableceremos una serie de parámetros arbitrarios de los componentes de la planta. Estos parámetros pueden ser actualizados en función de las características propias de cada planta.

Tanques de almacenamiento de producto combustible:

##### **Tanque A**

Producto almacenado: Aceite Diesel (LDO)

API: 32°

Altura del tanque: 20' 2"

Diámetro del tanque: 21'.

##### **Tanque B:**

Producto almacenado: Aceite Diesel (LDO)

API: 32.5°

Altura del tanque: 22' 6"

Diámetro del tanque: 23'

##### **Bomba de traseigo**

Marca: Blackmer

Rata de galonaje: 400 gpm

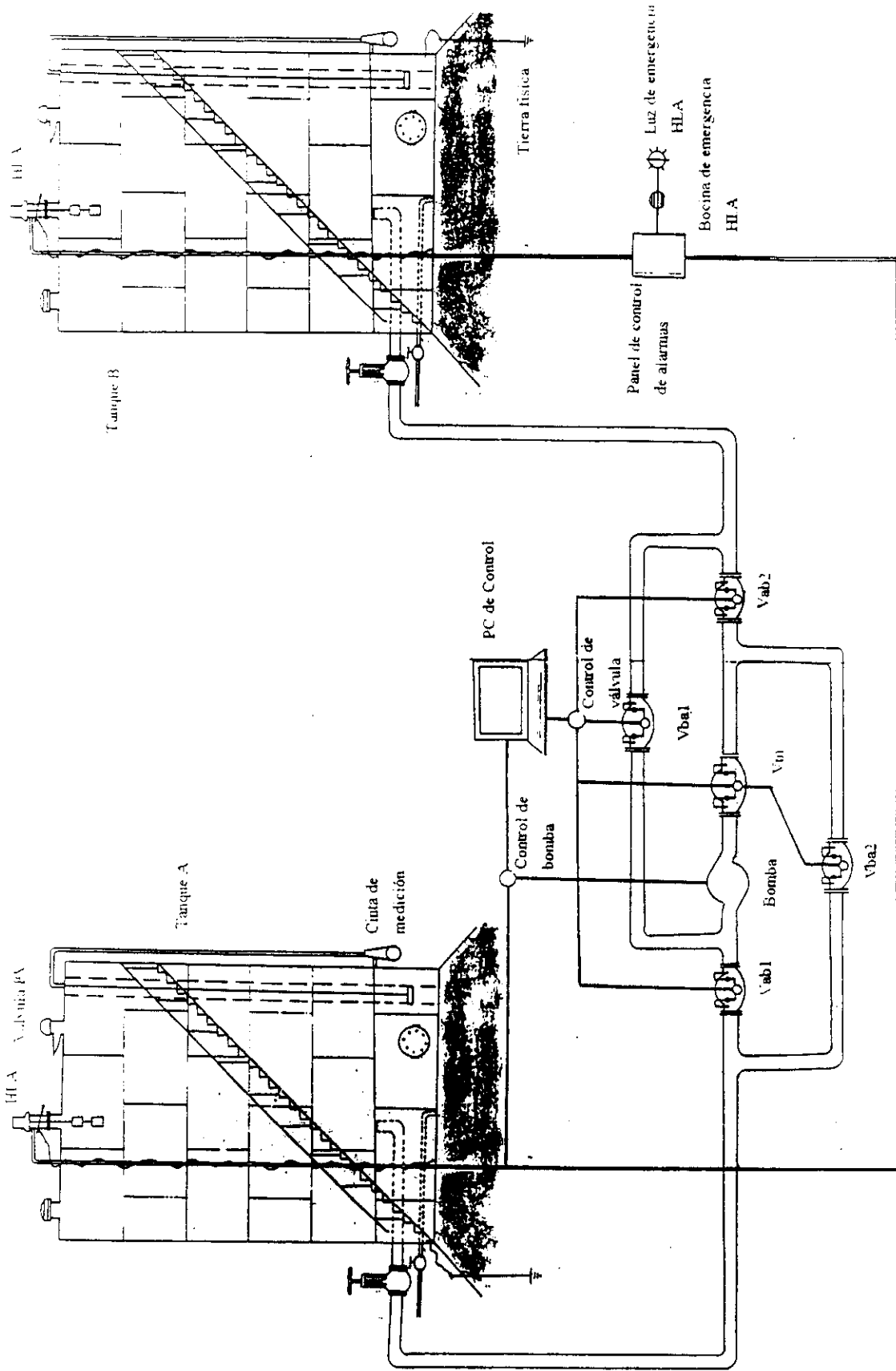


FIGURA 3.1 Esquema central del sistema de control para la operación de trasiego

Rata de galonaje:	400 gpm
Revoluciones:	1600 rpm
Material:	Acero al carbón
Presión de trabajo:	150 psi.

#### **Válvulas automáticas**

Marca:	Moorco
Modelo:	299
Voltaje:	115 Vca.
Diámetro:	6"

Utilizando estos parámetros como base, describiremos en los siguientes párrafos todo el sistema de conexión y control entre los tanques a trasegar.

#### **a. Tubería de acceso:**

La tubería de interconexión entre tanques tiene un diámetro de 6" y está hecha de hierro. El esquema de instalación puede ser observado en la figura 3.1. La altura mínima a la cual la tubería debe estar por encima del suelo es de 1'. Esto se debe a que la tubería debe estar libre de humedad y minerales del suelo para que no se corroa fácilmente. Cuando los tramos de tubería son bastante largos (más de 100 mts.) es necesario colocar unas bases de cemento con terminal de filo de cuchillo para sostenerla. Esta terminal evitará que la tubería se mantenga húmeda y que se corroa en los puntos de contacto con la base.

Como puede notarse en el diagrama de instalación, la tubería está formada por dos lazos de circulación de producto. La dirección y manipulación del flujo será discutida en la siguiente sección.

Lo que se refiere a instalación de la tubería en tanques, fue cubierto en la sección de "Tanques de almacenamiento".

**b. Dirección de flujo:**

La dirección del flujo dentro de la tubería estará determinada por la dirección del trasiego que se va a efectuar (ie. si el trasiego es del tanque A al B o en sentido contrario).

Si el trasiego se va a efectuar del tanque A al B, las válvulas Vab1 y Vab2 se abren y las válvulas Vba1 y Vba2 deben ser cerradas. Para este caso la dirección del flujo que se está trasegando se muestra en figura 3.2. El flujo estará controlado por el sistema de la válvula principal.

Por el contrario, si el trasiego se va a efectuar del tanque B al A, las válvulas Vba1 y Vba2 se abren y las válvulas Vab1 y Vab2 deben ser cerradas. En esta ocasión, la dirección del flujo que se está trasegando se muestra en la figura 3.3. Como puede notarse, aunque la dirección del flujo es un poco más complicada, se estará controlando por el mismo sistema de la válvula principal y bomba de trasiego.

**c. Válvulas de seguridad:**

En adición, todos los tanques deben tener una válvula de pie de tanque. La válvula de pie de tanque se utiliza para garantizar que el tanque quede completamente cerrado luego que la operación de trasiego ha concluido.

La válvula que se utiliza debe ser de compuerta, la cual ofrece un sellado excelente (según se vio en la sección, "Válvulas de compuerta"). El diámetro de flange es de 6" y el material, puede ser hierro al carbón. Estas válvulas no son de operación rápida, pero no están colocadas para efectuar paros de emergencia.

**d. Válvulas de control:**

Las válvulas de control automático son cinco en total. Las primeras cuatro determinan la dirección del flujo en función de la opción de trasiego que se está efectuando.

Como puede observarse en la figura 3.1, para un trasiego del tanque A al B, las válvulas Vab1 y Vab2 deben ser operadas para que abran, y Vba1 y Vba2 cierren. De aquí en adelante el movimiento del producto dependerá de la válvula principal Vm. Vm

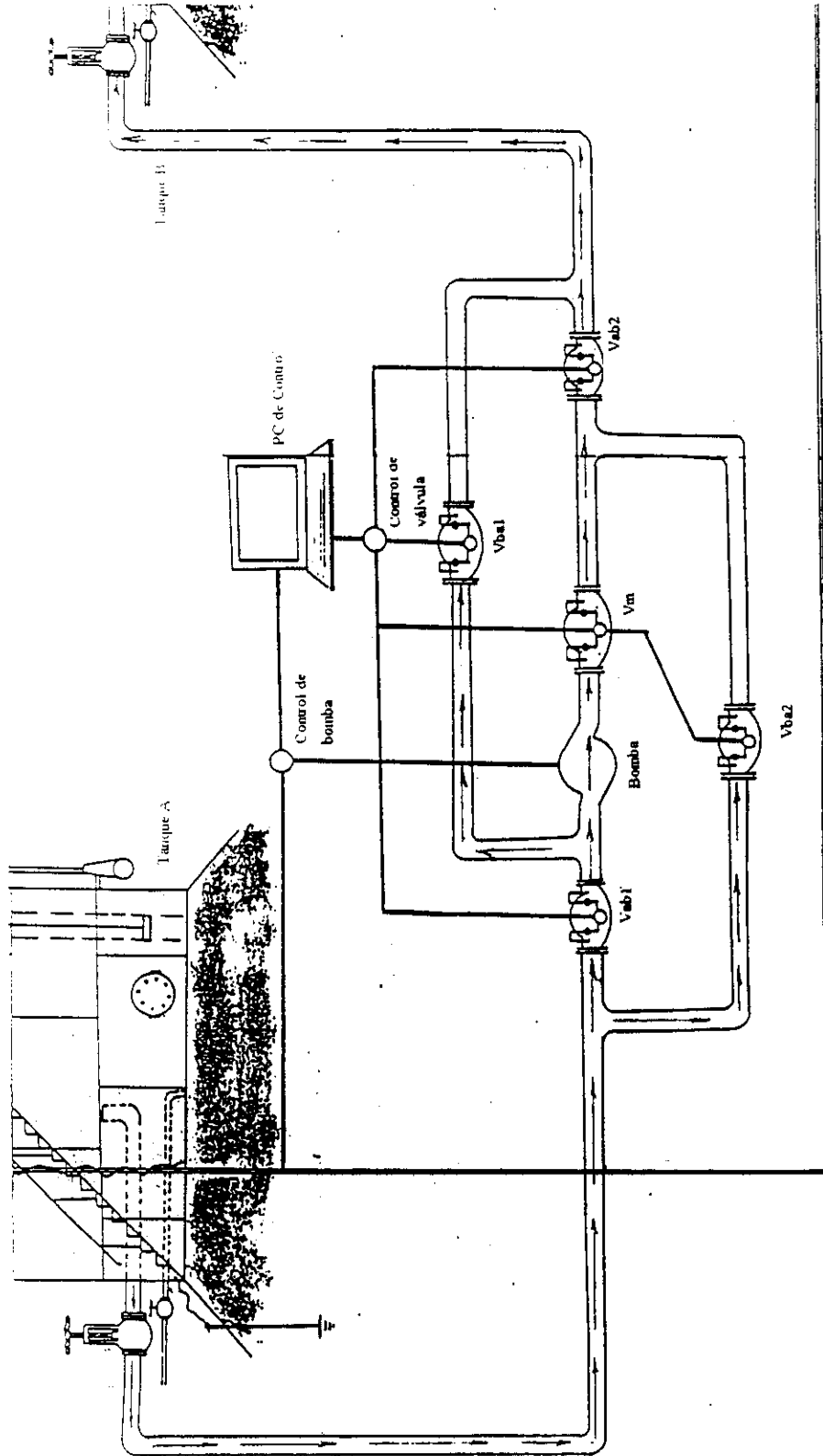


FIGURA 3.2  
Trasiego del tanque A al B

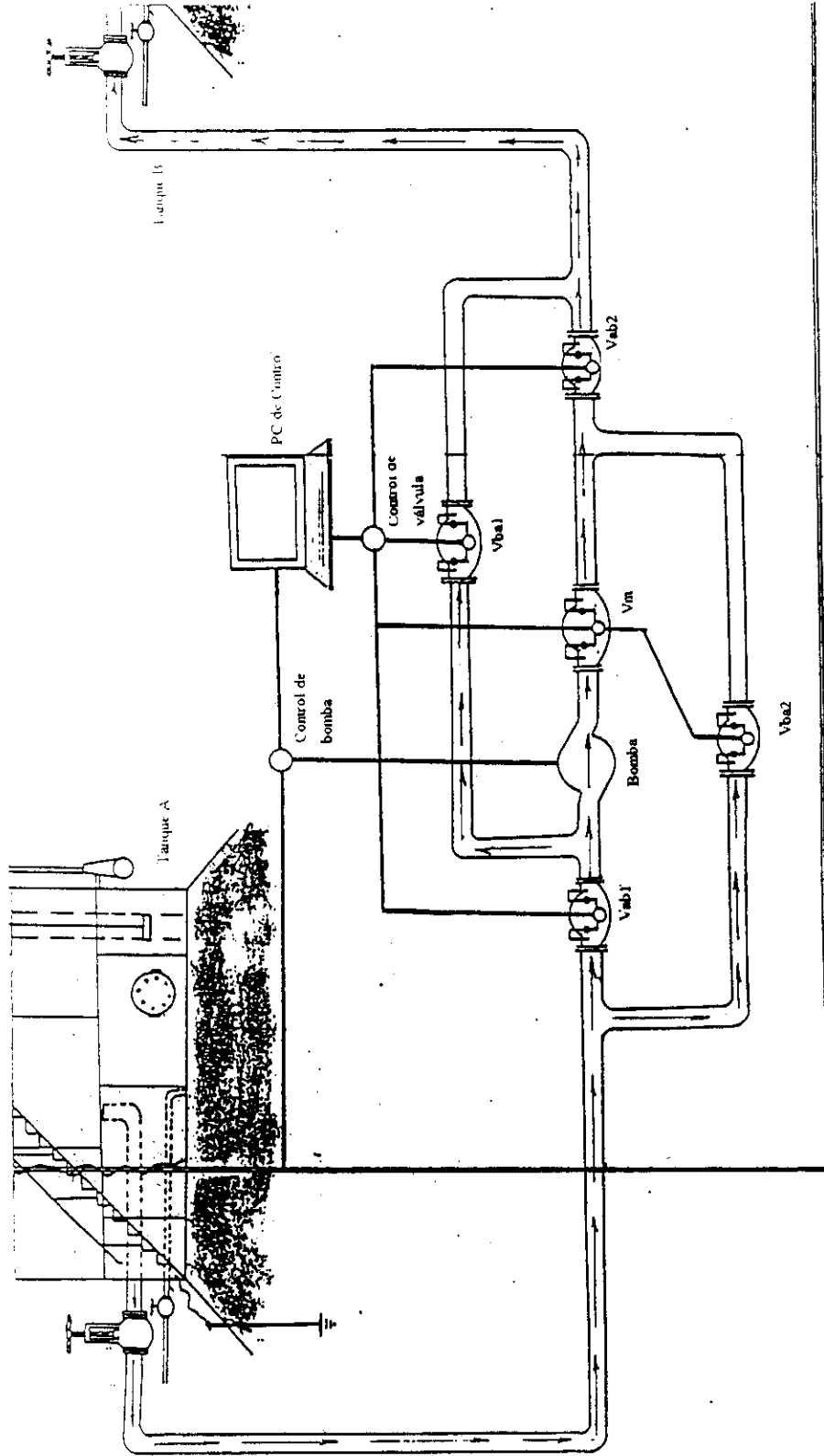


FIGURA 3.2  
Trasiego del tanque A al B

deberá ser manipulada en flujo medio (parcialmente abierta) o flujo alto (totalmente abierta), en función de la sección del tanque que está siendo llenada.

Para una altura menor de tres pies de producto en el tanque receptor, la válvula debe ser operada en flujo medio hasta alcanzar una altura mayor de tres pies. Por otro lado, si la altura es mayor de tres pies, la válvula puede ser operada directamente en flujo alto.

El propósito de manipular la válvula en dos estados (flujo medio y alto) es para evitar al máximo la generación de electricidad estática dentro del tanque. Como ya vimos anteriormente, una de las mayores fuentes de generación de electricidad estática es el chapoteo del producto dentro del tanque, cuando éste está siendo bombeado a una rata muy alta. La idea es cubrir la tubería de salida con el mismo producto combustible a una rata de bombeo baja y luego incrementar el flujo, cambiando el estado de la válvula principal a flujo alto.

**e. Ubicación de bomba de trasiego:**

La bomba de trasiego deberá ser colocada como se indica en la figura 3.1. Utilizando el sistema de control desde la PC se podrá arrancar o apagar la bomba cuando el trasiego se inicie o termine. Como puede notarse la posición de la bomba es independiente de la dirección del flujo (ie. independientemente si el trasiego se efectúa del tanque A al B o viceversa) en la tubería. De hecho, la dirección del flujo en la tubería quedará totalmente determinada por las válvulas  $V_{ab1}$ ,  $V_{ab2}$ ,  $V_{ba1}$  y  $V_{ba2}$ . La bomba podrá ser interrumpida desde varios puntos estratégicos (tales como oficinas de operación, computadora y otros), en caso de que cualquier eventualidad ocurriera. Esto se verá con más detalle a medida que se desarrolle el sistema de control de emergencia.

Debido al tipo de producto que se va a manipular, se hace necesario colocar delante de la bomba una canasta de recolección de sedimento. La figura 3.4 nos muestra la posición de la canasta de recolección de sedimento (strainer) en la línea de circulación del producto. La función del strainer es sumamente importante debido a que el sedimento



que procede del tanque y tubería debe ser recolectado antes de llegar a la bomba. La bomba podría ser dañada grandemente si por algún motivo se introduce sedimento de óxido u otros dentro del housing del impeler.

La limpieza e inspección del strainer debe estar programada para efectuarse periódicamente (chequeo mensual por ejemplo) en el mantenimiento preventivo. Una mala inspección de esta canasta podría ocasionar graves problemas con costos muy altos y con grandes pérdidas de tiempo, ya que localmente es muy difícil conseguir los repuestos necesarios.

## **2. Cintas automáticas de medición:**

Lo referente al funcionamiento e instalación de las cintas automáticas de medición fue cubierto en las secciones anteriores.

El sistema de medición es necesario para comparar la rata de crecimiento o decrecimiento del producto dentro de los tanques, con la rata calculada en el programa de control del trasiego. En este caso, la cinta automática nos proporcionará una buena aproximación de la cantidad de producto que hay dentro del tanque y de hecho comparar que el trasiego marcha bien.

Si las cintas de los tanques no muestran alguna señal de movimiento, es necesario parar el trasiego de inmediato y determinar las causas del problema. Algunas consecuencias inmediatas podrían ser: alguna de las válvulas de compuerta no ha sido abierta y obtaculiza el paso del producto, las válvulas automáticas están bloqueadas y no abren (posiblemente debido a problemas de control) y finalmente, la tubería se encuentra obstaculizada (posiblemente algún flange ciego, que obstaculiza la contaminación del producto, no ha sido quitado del paso).

Cuando los volúmenes de producto que están siendo trasegados son grandes, la cinta automática del tanque receptor debe ser controlada con más frecuencia cuando el trasiego está a punto de terminar. Esto evitará que si el producto alcanza niveles no deseados, el

trasiego se pueda parar de inmediato y evitar de esta forma un sobrellenado del tanque.

La instalación y funcionamiento de la cinta automática de medición puede ser observada en la figura 3.5.

### **3. Válvulas PV:**

Las válvulas PV juegan un papel fundamental en la operación de trasiego, para evitar que el tanque se expanda por el desplazamiento del aire que es desalojado del interior del tanque.

Las válvulas permanecerán abiertas cuando la presión dentro del tanque se incremente. Vapores de combustible junto con aire serán desplazados hacia el exterior.

Para este caso en particular, será suficiente con colocar respiraderos en lugar de las válvulas PV; el diesel que contienen los tanques no produce muchos vapores combustibles, por consiguiente no es necesario recuperar algún porcentaje de los vapores que se pierden en el medio. El respiradero debe tener un sombrero que lo cubra para evitar que penetren objetos no deseados dentro del tanque (animales, pájaros, paja etc.).

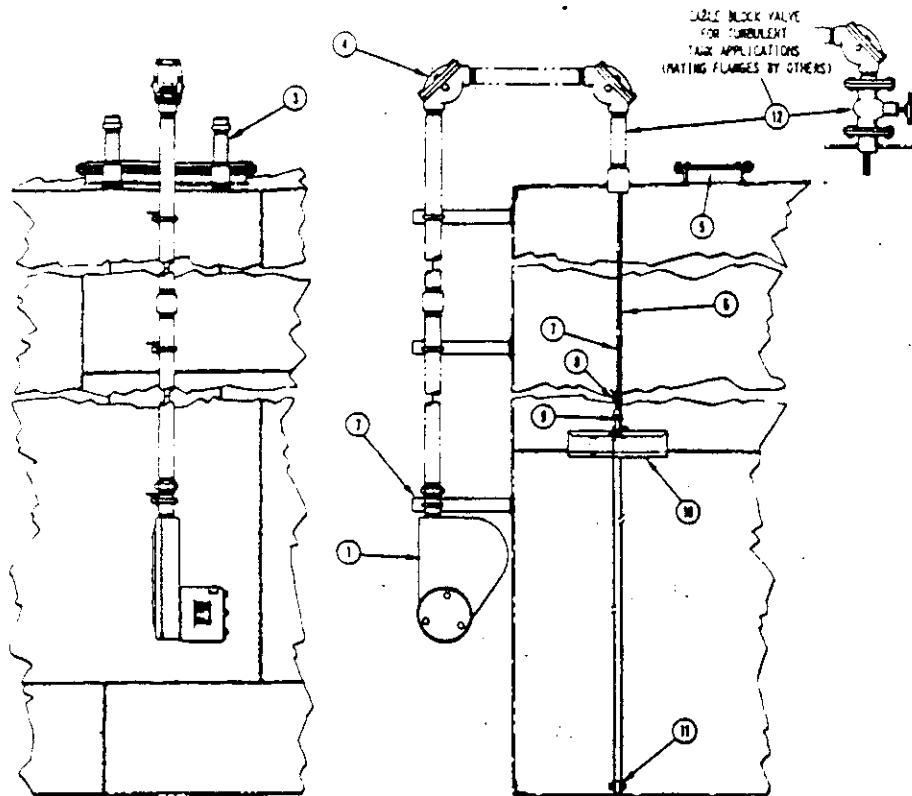
La instalación de los respiraderos de los tanques puede ser observada en la figura 3.1.

### **4. Aterrizaje de componentes:**

Finalmente vamos a considerar una de las partes más importantes de la instalación; el aterrizaje de todas las componentes involucradas en la operación de trasiego. Para garantizar que hay un buen aterrizaje de los componentes, es importante mantener una buena conductividad en todo el recorrido del producto (ie. conductividad entre tramos de tubería, válvulas, bomba de trasiego y demás componentes).

Debe recordarse que las gasolinas y destilados son productos no conductivos, por lo que tienen una fuerte tendencia a cargarse de estática. Esto hace que la operación sea bastante delicada.

El aterrizaje de los componentes se efectúa mediante una varilla de cobre especial, de una longitud aproximada de 1.5 mts., que se introduce en el suelo y que luego es



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	PART NO.
1	Gage Head	(See Instructions 92-020)	
2	Bracket	Steel	JA 3435-1
3	Guide Wire Spring Ass'y. (Includes:)	Steel	JB 3486-11
(a)	Retainer	Steel	851421-001
(b)	Guide Tube Assembly	Steel	851419-001
(c)	Spring	Steel	567-511
(d)	Pipe Coupling	Steel	229-35
(e)	Tank Nipple	Steel	805-502
(f)	Pipe Nipple (1-1/4 NPT X 7)	Steel	229-337
(g)	Pipe Cap (1-1/4 NPT)	Steel	229-34
4	Pulley Assembly	Normal Service Severe Service Ammonia Service	Part Alum. JB 3560-4 Steel JB 3560-5 All Alum. JB 3560-6
	Includes:		
(a)	Hex Hd. Screw	Steel	208-12
(b)	Cover	Aluminum	690-518
(c)	Gasket	Asbestos	
		Base	530-511
(d)	Cap Nut	Steel	546-501
(e)	Washer	Fiber	579-14
(f)	Pulley - for JB-3560-4	Phenolic	090139
		JB-3560-5 & 6	Cast Alum. 090138
(g)	Bearing	Teflon	605-1
(h)	Washer	Stain. St.	579-505
(i)	Shaft	Stain. St.	660-508
5	Inspection Frame and Cover (Includes:)	Steel	JB-3530-1
	Gasket	Asbestos	
		Base	530-941
6	Guide Wire*	Stain. St.	117-5*
7	Reading Tape* or Tape-Cable Assembly*	Stain. St.	---*
8	Tape Clamp	Stain. St.	090142
9	Thimble	Stain. St.	514-504
10	Float	Foamglass	Jc 3000-1
		Polyethylene	9399-11000
11	Anchor Bar	Steel	JA 3540-3
12	Cable Block Valve (See Instructions 93-421)		93421-21

FIGURA 3.5

Instalación de cintas automáticas de medición

conectada del extremo libre a todos los componentes de la instalación. Los puntos críticos que deben ser conectados son los siguientes: bomba de trasiego (alta generación por la recirculación del producto), válvula automática principal (generación como consecuencia de la manipulación de flujos variados que producen mucha turbulencia en su interior), tubería de comunicación (debido a la fricción entre el producto y las paredes) y tanques de almacenamiento (por la conexión con la tubería y por la fricción del producto en sus paredes cuando está baja o sube). La conexión a tierra física de los componentes se muestra en la figura 3.1.

### **B. Interfase digital-eléctrico:**

La comunicación entre la PC y todos los dispositivos de control de trasiego se llevará a cabo mediante un manejador de puertos 8255.

El manejador de puertos 8255 será instalado en uno de los Slots de la PC y se elaborará el mapa de tal forma que pueda ser programado desde el programa Pascal. Luego que el puerto sea programado, será utilizado como entrada y salida de información para controlar todos los dispositivos involucrados en la operación de trasiego, así también recibir información a cerca de cualquier problema que pudiera suscitar en dicha operación; en tal caso se procederá a efectuar los paros de emergencia correspondientes.

#### **1. Instalación del interfase 8255:**

Del Slot de la PC se va a manipular el bus de dirección, el bus de datos, y los demás pines de control (escritura, lectura, reset, selección de chip, etc.). Todos ellos van conectados a los dos manejadores de puertos 8255. Esta operación puede observarse en la figura 3.6.

De esta forma toda la información requerida para manipular las válvulas, bomba, dispositivos de control de derrame, etc., podrá ser intercambiada entre ellos y la PC. La operación se reduce entonces a sacar, por el puerto adecuado, las señales de activación y mantener un chequeo de otro puerto para controlar que toda la operación se está llevando

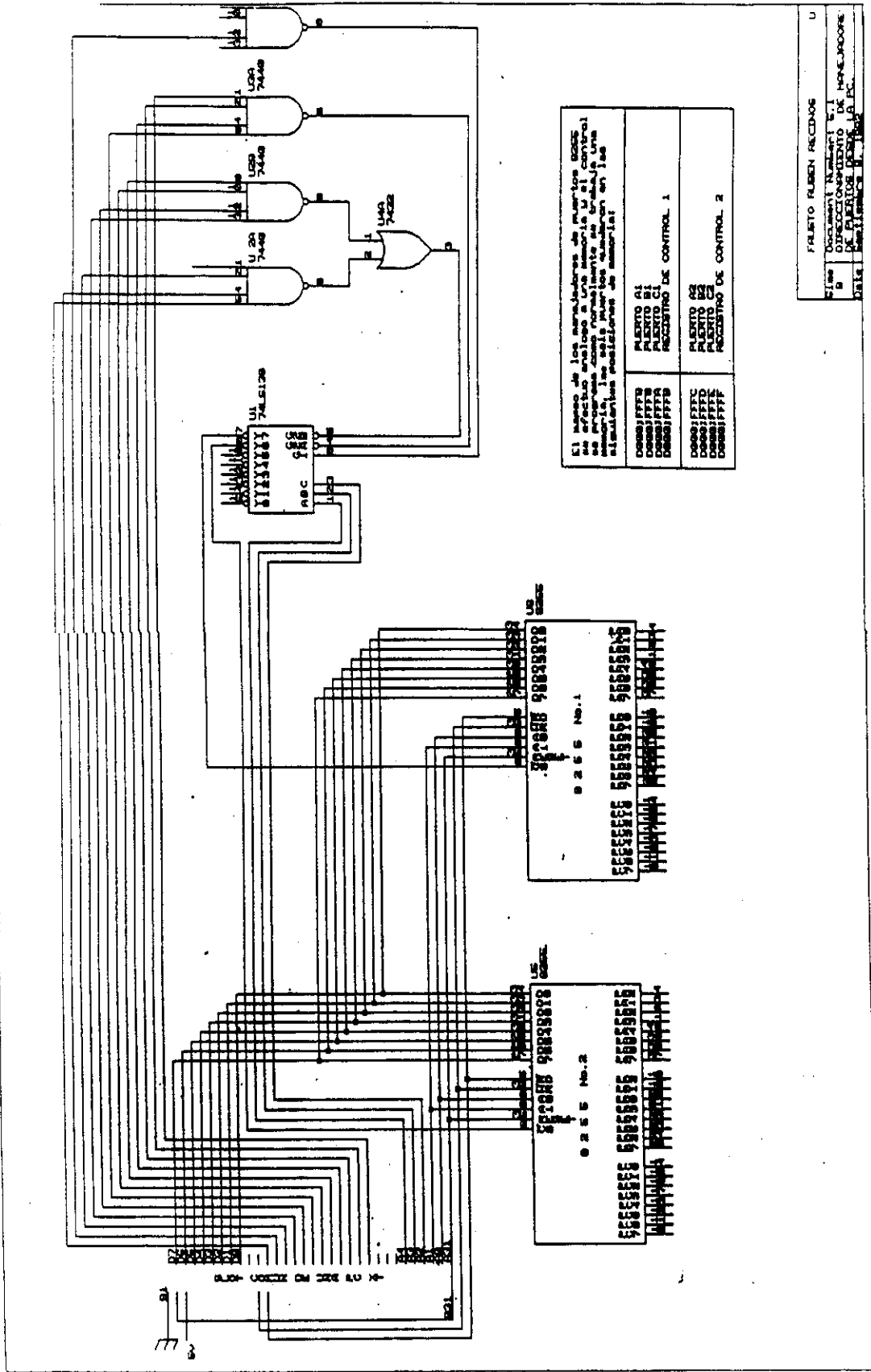


FIGURA 3.6  
Direccionamiento de puertos de E/S.

a cabo bajo condiciones normales. La forma en que los puertos serán manipulados se verá en las siguientes secciones.

El bus de direcciones de la PC se utilizó para direccionar los manejadores de puertos. El direccionamiento de los manejadores se hizo como normalmente se hace con una memoria. Adicionalmente, los registros de control de programación de los manejadores de puertos se ingresarán como si fuera una posición de memoria.

Las direcciones de memoria que se utilizaron para elaborar los mapas de los manejadores de puertos se describen a continuación:

Dirección	Puerto	Ultimo dígito
FFF8	A1	1 0 0 0
FFF9	B1	1 0 0 1
FFFA	C1	1 0 1 0
FFFB	REG.CNT.1	1 0 1 1
FFFC	A2	1 1 0 0
FFFD	B2	1 1 0 1
FFFE	C2	1 1 1 0
FFFF	REG.CNT.2	1 1 1 1

Como puede comprobarse en la última columna, si consideramos un análisis de izquierda a derecha, el segundo dígito determinará cuál de los dos manejadores de puertos es el que va a ser utilizado. Para los primeros cuatro puertos, el cero es común y para los últimos cuatro puertos, el uno es común; de esta forma este pin puede ser utilizado para seleccionar uno de los dos manejadores a la vez.

Los siguientes dos pares de dígitos son diferentes para cada uno de los puertos, como puede notarse. Sin embargo, son iguales entre los dos manejadores, es decir,  $A1 = A2 = 0$ ,  $B1 = B2 = 0 1$ , etc., por lo que las mismas líneas de control pueden ser conectadas a estas entradas y que el pin selector de chip se encargue de determinar cuál de los dos es el

que se utilizará.

La circuitería correspondiente de selección de estas posiciones se encuentra detallada en la figura 3.6; en total se utilizaron cuatro compuertas NAND, una compuerta OR y un decodificador, que finalmente va conectado al selector de chip que corresponde a cada 8255.

De aquí en adelante el problema se reduce a manipular las posiciones correspondientes a cada puerto y programarlo en la forma que le corresponde, es decir, el puerto A como salida de datos y el puerto C como entrada.

## 2. Programación del insterfase 8255:

Una vez cubierta la circuitería de selección de puertos, el siguiente paso es la programación de los mismos. Las funciones básicas que vamos a realizar son de entrada y salida de datos. La salida manipulará las válvulas de control, la bomba, etc., y las señales de entrada detectarán cualquier paro de emergencia que ocurra durante la operación.

Utilizando esta premisa, el 8255 podrá ser programado en Modo 1 (puertos de entrada y salida). El puerto A será programado de salida y el C de entrada. El puerto B no importa. La palabra correspondiente a esta forma de programación es la siguiente:

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	1	0	0	0	1	0	0	1
D0	= 1 = Puerto C bajo, entrada							
D1	= 0 = Puerto B salida							
D2	= 0 = Modo 0							
D3	= 1 = Puerto C alto, entrada							
D4	= 0 = Puerto A salida							
D5,D6	= 0 = Modo 0							
D7	= 1 = Selección de bandera.							

Enviando esta palabra de control en la dirección adecuada, los puertos quedarán programados. En adelante, cada vez que se desee sacar información por el puerto de salida, únicamente hay que hacer una salida desde el programa en la dirección que corresponde al puerto A, similarmente, las lecturas del puerto C se harán en la dirección que corresponde al puerto C.

### **3. Interfase digital-eléctrico:**

Una vez programados los puertos de control, debe efectuarse un interfase digital-eléctrico a la salida o entrada de los mismos. Esto se debe a que los voltajes y corrientes que manipulan los dispositivos de control de trasiego son grandes. En la figura 3.7 podemos observar dicha interfase.

Como puede notarse, todos los pines de salida del puerto A están conectados a transistores Darlington de potencia, los cuales serán encargados de manipular las bobinas de las válvulas de control de flujo y dirección, así como la activación de la bomba de trasiego.

Los transistores Darlington serán operados como switches, de tal forma que cuando el puerto de salida cambie entre 0 y 5 V el transistor lo haga entre 0 y 24 V. Los transistores funcionarán en corte y saturación en función de la señal que reciban en la base, que proviene del pin del puerto A. De esta forma, cuando se desee operar una válvula, por ejemplo activando la señal en la salida del puerto, nos permitirá cambiar el transistor correspondiente a 24 V, por lo que la bobina quedará energizada.

El puerto C, de entrada, tiene una conexión sencilla. Cualquier señal de emergencia, conectará el pin C0 a tierra y esto producirá que al efectuar una lectura obtengamos un 0 en la primera posición.

Como puede notarse en la figura 3.7, los pines de salida están conectados de la siguiente forma:



Pin del	Interfase	Conexión puerto
A0	Darlington	Bomba principal (Bm)
A1	Darlington	Válvula principal (Nc)
A2	Darlington	Válvula principal (No)
A3	Darlington	Válvula dirección (NcVba) (NcVab)
A4	Darlington	Válvula dirección (NoVba) (NoVab)
A5	Darlington	Control de dirección (AB)
C0	Switches	Paro de emergencia.

Las señales de salida de los puertos de salida y entrada serán cubiertas en las secciones siguientes, en donde explicaremos la forma de operación de los dispositivos y, la información requerida para manipularlos.

### **C. Manejo de dispositivos de control desde la computadora personal:**

En esta sección describiremos la forma en que se manipularán los componentes involucrados en el proceso de trasiego. Una vez cubierto el procedimiento de interfase digital-eléctrico, nos referiremos a la manipulación de dichos componentes como si se efectuaran directamente desde la PC.

#### **1. Válvulas automáticas de dirección de flujo:**

El principio de operación de las válvulas reguladas automáticas se cubrió en las secciones correspondientes, el procedimiento de manipulación que veremos en este segmento será exactamente el mismo. En algunos casos particulares no es necesario que las válvulas pasen por todos los estados de transición y en algunos otros, las válvulas operarán en todas sus etapas.

Primero vamos a considerar el funcionamiento de las válvulas de dirección del flujo,

éstas son las que determinarán si el trasiego se efectúa del tanque A al B o del B al A.

El circuito de operación se muestra en la figura 3.6 y el puerto (del 8255) de salida que controlará la manipulación de las válvulas será el A, a través de los pines A4, A5 y A6. El pin A6 determinará si el trasiego se hace del tanque A al B o viceversa, A5 y A6 tendrán a su cargo abrir y cerrar las válvulas.

Según puede notarse en la figura 3.1 (instalación completa), la forma en que se abren o cierra las válvulas Vab1 y Vab2 es exactamente la misma que para Vba1 y Vba2.

Si el trasiego se va a efectuar del tanque A al B, A6 energizará la bobina AB y por lo tanto los switches AB normalmente abiertos, se cerrarán permitiendo que las bobinas NoVab1, NoVab2, NcVab1 y NcVab2 puedan ser operadas. Adicionalmente, los switches AB normalmente cerrados abrirán y no permitirán que las bobinas NoVba1, NoVba2, NcVba1 y NcVba2 puedan ser energizadas. El procedimiento a la inversa puede ser utilizado también, si por A6 mantenemos un cero en la salida, es decir, que la bobina AB se mantiene desenergizada, todos los switches AB permanecerán en sus condiciones normales, permitiendo de esta forma que las bobinas NoVab1, NoVab2, NcVab1 y NcVab2 no puedan ser operadas y NoVba1, NoVba2, NcVba1 y NcVba2 puedan ser energizadas. De esta forma, utilizando dos pines de salida se manejarán dos válvulas y mediante un tercero se determinará la dirección del flujo. Para una mejor referencia, puede consultarse la sección "Interfase digital-eléctrico".

#### **a. Método de operación:**

Una vez determinada la forma en que van a ser energizadas las bobinas de control de dirección del flujo, nos resta ver en qué forma van a ser operadas. En otras palabras, cuál debe ser la secuencia de pulsos de salida para que las válvulas abran o cierren; como ambas están colocadas en serie, se explicará el funcionamiento de una de ellas, y la operación de la segunda será la misma. Adicionalmente, las manipulaciones de las

válvulas son independientes de la dirección del trasiego, por lo que son exactamente análogas; de aquí que nos referiremos como ejemplo al trasiego de A a B.

En la sección de "Válvulas reguladas automáticas", vimos el diagrama de zonas de operación. En este caso en particular, la transición de flujo medio no existe y las válvulas se abren completamente. Las zonas que quedan operando son la 1, 4, 5 y 8.

**Zona 1.** En condiciones normales de operación los pines A4 y A5 estarán en alta impedancia en su salida; por lo tanto los solenoides NoVab1 y NcVab1 están desenergizados, como consecuencia la membrana de la válvula principal se mantendrá presurizada por el flujo y permanecerá completamente cerrada. Como referencia puede verse la explicación de la Zona 1.

**Zona 4.** Para llevar la válvula a flujo alto, se energiza NcVab1, llevando A3 a 1, y la válvula correspondiente se abrirá; esto permitirá que la presión de la membrana sea drenada y la válvula principal abra totalmente.

**Zona 5.** Cuando el flujo se aproxime al límite máximo, el controlador de flujo iniciará su operación de muestreo de presión diferencial, proporcional al flujo, lo cual producirá que ésta comience a cerrar y como consecuencia la presión sobre la membrana de la válvula principal, aumentará y cerrará; de esta forma se modula el flujo, alcanzando un balance hidráulico. La válvula principal permanecerá en este estado durante toda la operación de trasiego y será llevada a la zona 8 únicamente si el trasiego ha concluido o si se ha efectuado algún paro de emergencia.

**Zona 8.** Cuando la válvula principal debe ser cerrada, se lleva A3 a 0, para permitir que NcVab1 se desenergice y la válvula cierre. La membrana de la válvula principal empezará a ser presurizada por la línea y quedará totalmente cerrada.

Siguiendo estos pasos, la válvula principal será operada en forma on-off. Sin embargo, podría darse el caso en que se desee mantener un mejor control al inicio de la

operación de trasiego, en este caso debe agregarse al procedimiento las zonas 2 y 3. Aunque ambas zonas deben ser reducidas al tiempo mínimo, un valor típico podría ser de 10 a 15 segundos. Por el contrario, las zonas 6 y 7 no deben ser agregadas en este caso porque los procedimientos de paro de emergencia deben ser casi instantáneos y la válvula debe cerrar tan pronto como sea posible.

Esto último trae como consecuencia una situación muy importante de considerar y es que la bomba debe ser apagada antes que las válvulas sean cerradas, de lo contrario podría producirse un golpe de ariete que dañe los dispositivos de la instalación.

## **2. Válvula automática principal del control de flujo:**

La última válvula que vamos a considerar es la de control de flujo. El objetivo es manipular dos tipos de flujo, uno mediano y otro alto para poder eliminar la electricidad estática que se genera por el chapoteo del producto dentro del tanque, cuando éste se está bombeando.

Generalmente, la altura mínima que debe alcanzar el producto dentro del tanque antes que se bombee a flujo alto es tres pies. Esto quiere decir que el tiempo de bombeo a flujo mediano debe estar determinado por la diferencia de alturas entre el nivel inicial del tanque y la altura de tres pies. Evidentemente, si la altura inicial del tanque es mayor de tres pies, el bombeo a flujo alto podrá iniciarse inmediatamente. Todos estos parámetros de tiempo de bombeo a mediano y alto flujo son calculados en el programa de control.

La mayoría del procedimiento de operación de la válvula se encuentra descrito en la sección anterior, para completar su funcionamiento se deben agregar las zonas 2, 3, 6 y 7, que discutiremos a continuación. Los pines del puerto de salida A encargados de la manipulación de la válvula principal son A1 y A2.

**Zona 2.** Luego de haber transcurrido la zona 1, se deben energizar los solenoide NoVm y NcVm, llevando A1 y A2 a 1, esto producirá que la válvula NoVm

operación de trasiego, en este caso debe agregarse al procedimiento las zonas 2 y 3. Aunque ambas zonas deben ser reducidas al tiempo mínimo, un valor típico podría ser de 10 a 15 segundos. Por el contrario, las zonas 6 y 7 no deben ser agregadas en este caso porque los procedimientos de paro de emergencia deben ser casi instantáneos y la válvula debe cerrar tan pronto como sea posible.

Esto último trae como consecuencia una situación muy importante de considerar y es que la bomba debe ser apagada antes que las válvulas sean cerradas, de lo contrario podría producirse un golpe de ariete que dañe los dispositivos de la instalación.

## **2. Válvula automática principal del control de flujo:**

La última válvula que vamos a considerar es la de control de flujo. El objetivo es manipular dos tipos de flujo, uno mediano y otro alto para poder eliminar la electricidad estática que se genera por el chapoteo del producto dentro del tanque, cuando éste se está bombeando.

Generalmente, la altura mínima que debe alcanzar el producto dentro del tanque antes que se bombee a flujo alto es tres pies. Esto quiere decir que el tiempo de bombeo a flujo mediano debe estar determinado por la diferencia de alturas entre el nivel inicial del tanque y la altura de tres pies. Evidentemente, si la altura inicial del tanque es mayor de tres pies, el bombeo a flujo alto podrá iniciarse inmediatamente. Todos estos parámetros de tiempo de bombeo a mediano y alto flujo son calculados en el programa de control.

La mayoría del procedimiento de operación de la válvula se encuentra descrito en la sección anterior, para completar su funcionamiento se deben agregar las zonas 2, 3, 6 y 7, que discutiremos a continuación. Los pines del puerto de salida A encargados de la manipulación de la válvula principal son A1 y A2.

**Zona 2.** Luego de haber transcurrido la zona 1, se deben energizar los solenoide NoVm y NcVm, llevando A1 y A2 a 1, esto producirá que la válvula NoVm

(normalmente abierta) se cierre y que NcVm abra, por lo que la presión sobre la membrana que cierra la válvula principal será drenada a través del controlador de flujo y NcVm. La válvula comenzará a abrir y a dejar pasar el producto hacia el otro extremo.

**Zona 3.** Cuando la válvula principal abre lo suficiente (típicamente debe esperarse entre 0.5 y 1 segundo, aunque este tiempo puede hacerse variable hasta obtener los resultados requeridos), NcVm se desenergiza, llevando A1 a 0, y la válvula NcVm se cierra. En este punto la válvula principal se bloqueará hidráulicamente y no podrá abrirse ni cerrarse. Este estado debe ser mantenido durante el tiempo requerido para alcanzar una altura de 3 pies en el tanque receptor.

**Zona 6.** Luego de haber transcurrido las zonas 4 y 5, podemos continuar con la siguiente zona. Para esta transición, NcVm debe ser desenergizada llevando A1 a 0, lo que producirá que la válvula NcVm se cierre y la membrana comience a ser presurizada para que el flujo disminuya. El tiempo de espera típico debería ser entre 0.5 y 1 segundo, aunque este tiempo puede hacerse variable hasta obtener los resultados requeridos.

**Zona 7.** Luego que la válvula ha alcanzado la posición de flujo bajo, NoVm se energiza llevando A2 a 1, lo que producirá que la válvula se bloquee hidráulicamente, tal y como ocurrió en la zona 3. La válvula en este punto debería permanecer alrededor de unos 10 a 15 segundos. Hay que recordar que este tiempo determinará también el tiempo de cerrado de la válvula principal en paro de emergencia, por lo que debe hacerse lo más pequeño posible.

Para culminar con el proceso de trasiego, la válvula principal debe pasar por la zona 8 en su operación y el trasiego habrá concluido.

### **3. Control de arranque de la bomba de trasiego:**

El arranque de la bomba de trasiego se opera fácilmente mediante el pin A0. Llevando A0 a 1, la bobina se energiza y el switch Bm se cierra permitiendo que el

arrancador de la bomba se active. De igual forma, llevando A0 a 0 la bobina se desenergiza y el switch se abrirá por lo que el arrancador de la bomba quedará desactivado.

La bomba de trasiego se mantendrá en operación mientras el trasiego dure y será interrumpida únicamente si alguna emergencia ocurriera (tal como la activación de la alarma de alto nivel, paro de emergencia manual, etc.).

#### **4. Chequeo de paros de emergencia:**

La computadora utilizará un puerto de entrada para control de alarmas. El puerto de entrada será C; mediante C0 se registrará si existe alguna alarma que haya sido activada. Antes de continuar con la cuenta de operación de trasiego, se verificará que no haya sido activada alguna alarma (ya sea desde la computadora o desde el campo). De ser así se procederá con el paro de emergencia.

El paro de emergencia involucra la desactivación de la bomba de trasiego como primera instancia, llevando A0 a 0, lo cual desactivará el arrancador de la bomba.

Seguidamente se procederá a cerrar las válvulas de dirección y control de flujo, esto se hará mediante la ejecución de las zonas 6 a la 8 en el caso de la bomba de control y de las zonas 5 y 8 para las válvulas de dirección de flujo.

En todo caso, la computadora presentará un reporte en la pantalla (y opcional en impresora), de la operación de trasiego en el último momento en que éste estaba siendo ejecutado.

En caso de que el paro de emergencia se haya efectuado en forma manual, todos los botones de emergencia deberán ser restaurados en su posición normal de operación antes que el procedimiento de trasiego se reinicie nuevamente.

#### **D. Descripción del programa:**

Toda la operación de trasiego será controlada desde una computadora PC, en la cual

se correrá un programa en Pascal que controlará toda la operación de trasiego. Dicho programa mantendrá una comunicación constante con el manejador de puertos 8255, intercambiando información durante todo el proceso.

### **1. Generalidades:**

Inicialmente, el programa deberá ser alimentado con toda la información correspondiente a las características físicas de los elementos que intervienen en la operación de trasiego; por ejemplo de los tanques de almacenamiento deberá ingresarse la altura, diámetro, tipo de producto que almacenan, etc.; de la bomba de trasiego se debe ingresar la rata de bombeo (GPM), tipo de material con que está construida, etc.

Utilizando estos parámetros, el programa efectuará los cálculos básicos, tales como: altura máxima de trabajo, tiempo de bombeo, operación de válvulas y otros; a partir de los cuales comenzará la operación de trasiego.

Finalmente, el programa iniciará la comunicación con las válvulas de dirección, válvula principal, bomba de trasiego y dispositivos de control de sobrellenado. El puente de comunicación será el manejador de puertos 8255, quien se encargará de sacar y recibir la información durante todo el proceso.

Si toda la operación se lleva a cabo sin ningún problema, ésta durará el tiempo estimado por el programa (en función del GPM de la bomba y el volumen a trasegar).

### **2. Recorrido por índice del menú:**

En la figura 3.8, puede observarse el menú del programa de operación de trasiego, éste consta de cuatro alternativas para el proceso completo, el prompt de ingreso de opción se encuentra en la parte inferior izquierda. El ingreso de la opción se efectúa escribiendo la letra correspondiente. Las opciones son las siguientes:

#### **Inicializar parámetros del equipo:**

En esta opción se deben ingresar todos los parámetros de los dispositivos involucrados

**ESSO CENTRAL AMERICA**  
**Planta ESSO San Jose**

**PROCEDIMIENTO DE TRASIEGO DE PRODUCTO**

**I : Inicializar los parámetros del equipo**

**P : Procedimiento de trasiego**

**G : Generación de reporte**

**F : Fin de procedimiento**

Ingrese su opción : \_

**FIGURA 3.8**  
**Menú principal del programa**

**ESSO CENTRAL AMERICA**  
**Planta ESSO San Jose**

**PROCEDIMIENTO DE TRASIEGO DE PRODUCTO**

**Tanque A :**

**Producto:** Gasolina  
**Altura:** 12 0 0  
**Diámetro:** 6 0 0

**Bomba :**

**Marca:** Blackmer  
**GPM:** 12000  
**RPM:** 120  
**Temp.:** 12  
**Material:** Hierro  
**Presión:** 120

**Tanque B :**

**Producto:** Gasolina  
**Altura:** 15 5 1  
**Diámetro:** 5 5 1

**FIGURA 3.9**  
**Inicialización de parámetros**

**ESSO CENTRAL AMERICA**  
**Planta ESSO San Jose**

**PROCEDIMIENTO DE TRASIEGO DE PRODUCTO**

Operación de trasiego en medida  
[ A: volumétrica, B: lineal ]: A

Tanque a trasegar : A

Altura inicial : 5 5 5

Volúmen inicial: 12791 usg.

Tanque receptor : B

Altura inicial : 5 5 5

Volúmen inicial: 12791 usg.

Galones a trasegar : 5000 usg.

Inicio de trasiego de: 5000 usg. [ S / N ]: S

**FIGURA 3.10**  
**Procedimiento de trasiego**

en la operación del trasiego. En la figura 3.9 se pueden observar dichos parámetros.

Es importante recordar que estamos utilizando el sistema de unidades que describimos anteriormente, por lo tanto, todas las dimensiones de altura deberán ingresarse en pies, pulgadas y pulgada/16; similarmente para la temperatura, el volumen y la presión de trabajo.

Cuando las características de la planta son inicializadas, el programa principiará directamente en esta opción, pues no puede efectuarse algún trasiego sin estos parámetros, de lo contrario utilizará los datos ingresados en la última actualización.

#### **Procedimiento de trasiego:**

En esta opción se inicia la operación de trasiego; la figura 3.10 es la correspondiente. Como puede notarse, hay dos opciones de trasiego: la primera es mediante volumen y la segunda, mediante altura de producto dentro de los tanques. En cualquiera de los dos casos se verificará que el volumen quepa en el tanque receptor. Si es así, el trasiego podrá ser iniciado si se desea; si el producto no cabe, se presentará un mensaje indicándolo y además se calculará el volumen máximo que se puede trasegar y nuevamente quedará en opción del operario si el trasiego se inicia o no.

Si la operación de trasiego no se efectúa, el programa regresará al menú principal. Por otro lado, si el trasiego se lleva a cabo, el programa mostrará la pantalla que se presenta en la figura 3.11. En esta figura se puede observar el volumen total que se está trasegando, la hora de inicio de la operación, la hora estimada de final de la operación y la hora actual. Seguidamente se podrá observar un estimado de las variaciones de las alturas de los tanques en operación. En cada uno de los tanques se tiene la altura final a la cual se espera que llegue y la variación de la altura con el tiempo.

Este último dato es de suma importancia, pues debe ser utilizado para compararlo cada media hora con la altura física del tanque y así comprobar que el trasiego se está llevando

**ESSO CENTRAL AMERICA**  
**Planta ESSO San Jose**

**PROCEDIMIENTO DE TRASIEGO DE PRODUCTO**

Trasiego de 5000 usg. en proceso.....

Hora de inicio:	1:14	Hora final:	1:26
Tiempo estimado:	0:12	Transcurrido:	0:54

	<b>Tanque a trasegar</b>	<b>Tanque receptor</b>
<b>Altura final</b>	3' 3" 12/16	7' 6" 13/16
<b>Altura actual</b>	5' 3" 7/16	5' 7" 2/16

Presione <ESC> en paro de emergencia.....

**FIGURA 3.11**  
**Verificación de operación de trasiego**

a cabo como se espera.

El programa podrá ser detenido en cualquier momento, únicamente se deberá presionar la tecla ESC. A partir de este momento, el programa iniciará un paro de emergencia de válvulas y bombas.

Si el trasiego termina sin ningún problema, la tecla ENTER nos permitirá regresar al menú principal.

#### **Generación de reporte:**

A continuación tenemos la opciones de generación de un reporte de la operación. Aquí deberán ingresarse las alturas reales de los tanques al final del trasiego, ya que no necesariamente serán las estimadas.

El programa generará un reporte que contenga toda la información del trasiego tal como: volumen trasegado, altura final e inicial de los tanques, tiempo de trasiego, volumen esperado, volumen real trasegado, pérdida de trasiego, etc. A continuación se presenta el formato del reporte de detrasiego en la figura 3.12.

#### **Fin del procedimiento:**

Finalmente, cuando la operación ha concluido, esta opción nos regresa al prompt del sistema operativo.

### **E. Diseño del sistema de protección de sobrellenado:**

#### **1. Protección de sobrellenado automático:**

##### **a. Diseño de alarmas de alto nivel (HLA):**

La alarma de alto nivel o switch de desplazamiento está diseñada para ser instalada en el techo del tanque de almacenamiento. El switch debe abrir o cerrar un circuito cuando el líquido, en el interior del tanque, alcanza un nivel no permisible de operación.

La estructura del switch de activación tiene la flexibilidad de poder operar con un solo switch para una alarma de alto nivel o dos switches para dos alarmas, una de alto nivel y

**ESSO CENTRAL AMERICA**  
**Planta ESSO San Jose**

**REPORTE DE OPERACION DE TRASIGO**

**Operación esperada de trasiego:**

Altura inicial del tanque trasegado:	12 0 0 / 16
Altura inicial del tanque receptor:	10 0 0 / 16
Altura final del tanque trasegado:	11 7 14 / 16
Altura final del tanque receptor:	10 4 1 / 16
Volúmen a trasegar:	800 usg.
Rata de bombeo:	400 usg.
Tiempo de operación:	12:02:00 AM

**Operación real de trasiego:**

Altura final del tanque trasegado:	11 7 14 / 16
Altura final del tanque receptor:	10 3 14 / 16
Volúmen real trasegado:	808 usg.
Volúmen real recibido:	600 usg.
Perdida / Ganancia en operación:	208 usg.

(f) Supervisor:

**FIGURA 3.12**  
**Reporte de operación de trasiego**

otra de alto-alto nivel (en el caso de tanques de capacidades pequeñas o grandes respectivamente).

**Método de operación:**

Como puede notarse en la figura 3.13, la estructura del switch puede ser de una o dos posiciones para alarmas de control de niveles alto o alto-alto. Utiliza dos flotadores sostenidos por un cable que esta suspendido de un resorte.

El resorte esta siempre parcialmente comprimido por el peso de los dos flotadores. Cuando el líquido alcanza el nivel del punto de activación de los flotadores, este comienza a subir debido al empuje que el producto combustible ejerce sobre él; como consecuencia el resorte tiende a recuperar su estado normal de descompresión, moviendose ligeramente en dirección vertical.

El movimiento es transmitido hacia la región de activación del campo magnético de los switches, mediante la armadura de hierro. El campo magnético que existe entre la armadura de hierro y la estructura de imán de los switches de mercurio producirá una fuerza de atracción entre ambos; como consecuencia los switches de mercurio cambiarán de posición activandose.

El tubo de hierro anticorrosivo tiene la particularidad de que es no magnético, por lo tanto no ejercerá ninguna fuerza de atracción entre él y los imanes de los switches de mercurio cuando la armadura de hierro esta en reposo.

A medida que el producto continua subiendo hasta el segundo punto de actuación del segundo flotador, que activa la segunda alarma de nivel, el resorte iniciará nuevamente su descompresión. El movimiento se transmitirá para que se efectúe la activación del segundo switch de mercurio.

Debido a la estructura de soporte de los flotadores, estos no flotarán totalmente sobre el producto combustible y permanecerán sumergidos dentro del líquido.

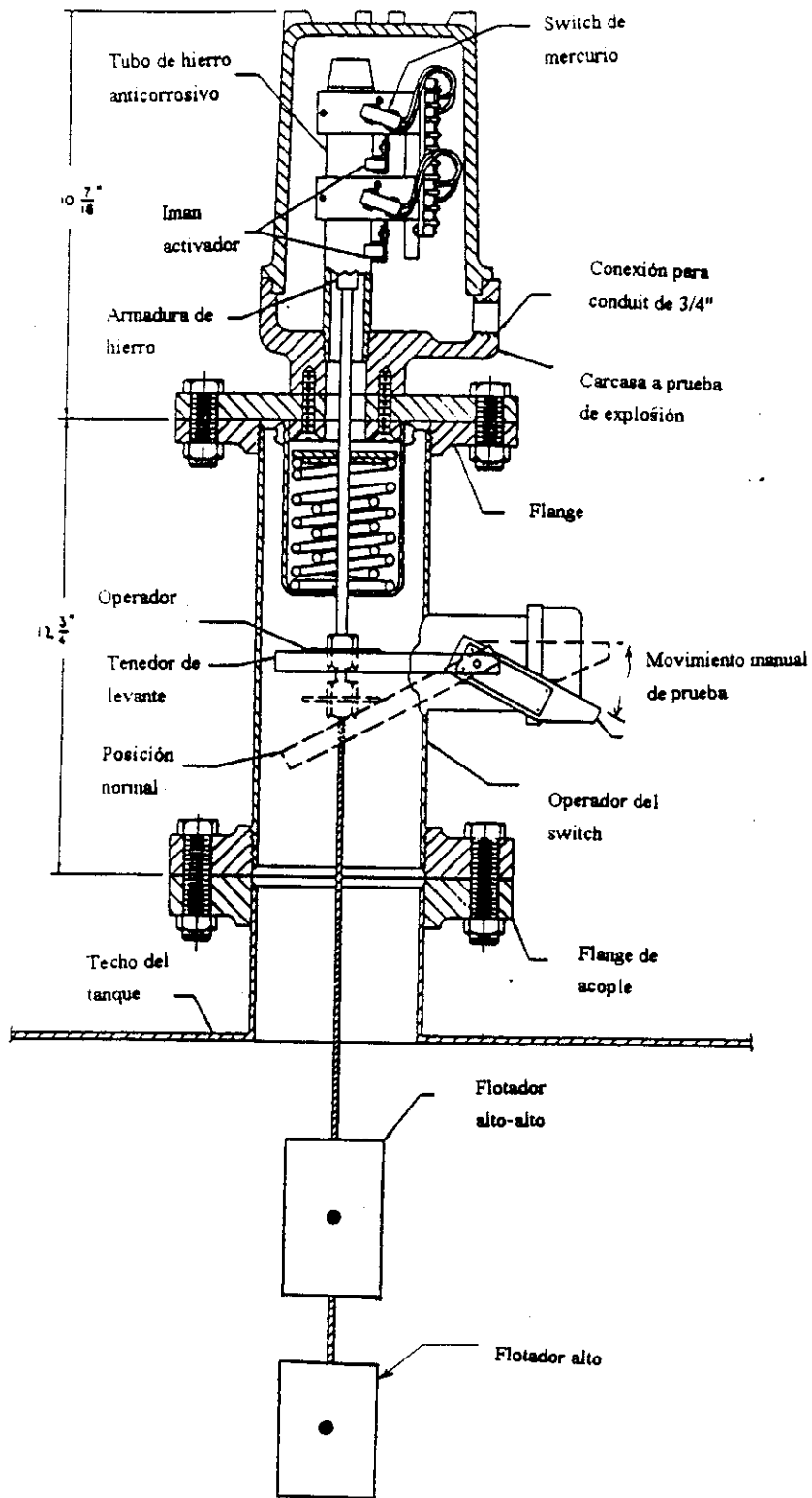


FIGURA 3.13  
 Diseño de operación de las alarmas de nivel

La actuación de los switches ocurrirá únicamente cuando el líquido alcance los flotadores, debido a lo cual el punto de actuación puede ser ajustado variando la posición de los flotadores en la barilla de soporte. Esto se logra mediante un tornillo que fija los flotadores a este último.

Los materiales de construcción de la carcaza exterior y los flanges, son de aluminio. El tubo base de la estructura de activación de los switches de mercurio es de hierro anticorrosivo (no magnético) y los flotadores son de PVC. La carcaza exterior debe ser lo más resistente a las inclemencias del tiempo. Adicionalmente, debe tener rosca fina y su estructura completa debe ser a prueba de explosión aprobado para áreas de trabajo Clase I y II. La estructura debe garantizar seguridad total en instalaciones de alto riesgo.

Las alturas a las cuales deben ser colocadas las alarmas de nivel se determinaron en la sección de "altura de alarma de alto nivel". El punto de actuación de los flotadores deberá ser obtenido de la resta de la "altura del tanque" y la "altura de alarma de alto nivel".

#### **Dispositivos de señalización:**

Si a pesar de todas las medidas de precaución que se han tomado, la alarma de nivel se activa, se deben utilizar los dispositivos de señalización y aviso más eficientes. Señales luminosas y auditivas deben ser activadas para que el personal de planta que está al tanto de la operación se dé por enterado.

#### **Luz de emergencia de sobrellenado:**

Cuando el producto dentro del tanque alcance la altura fuera del nivel de operación, el switch de la alarma de nivel se activará y podrá conectarse una luz de emergencia roja, para indicar que se ha sobrepasado la "altura máxima de trabajo" y la "altura de la alarma de nivel".

En el caso particular de que se tengan dos alarmas de nivel (alto y alto-alto), se pueden tener dos colores diferentes de luces de emergencia; la primera de ellas puede ser una luz

naranja y la segunda una luz roja.

De cualquier forma, la luz de emergencia de sobrellenado debe ser colocada en un lugar visible para todo el personal de planta y de esta forma si la misma se llegará a activar, cualquiera pueda efectuar el paro de emergencia. La instalación de la luces de emergencia puede ser observada en la figura 3.14.

#### **Bocina de emergencia de sobrellenado:**

Adicionalmente a la luz de emergencia debe colocarse una bocina que emita una señal audible particular indicando que una situación de sobrellenado se ha producido. De esta forma nos aseguraremos que si ninguna persona ha visto la señal luminosa, escuche la alarma de emergencia.

Es importante recalcar que la señal audible debe ser diferente a las demás señales de emergencia de la planta (ie. señal audible de fuego, asalto, etc.), para que puedan proceder a efectuar los procedimientos de emergencia del caso.

Si se han colocado dos alarmas de nivel, se pueden utilizar dos sonidos diferentes para cada nivel alcanzado. Por ejemplo se puede utilizar un sonido pausado para la primer alarma y un sonido continuo para la segunda. En la figura 3.14 se puede observar la instalación de la bocina de emergencia.

#### **b. Instalación de HLA y dispositivos de señalización:**

Lo referente a la instalación eléctrica deberá hacerse tomando en consideración el riesgo del área donde están los tanques de almacenamiento, (en nuestro caso, consideraremos que el área de riesgo es de Clase II).

Toda la tubería de la instalación será Conduit, por su calidad, resistencia a esfuerzos físicos y porque ofrece una mejor resistencia a la corrosión, factores importantes de tomar en consideración.

Todos los codos de cruce y cajas de registro deberán ser a prueba de explosión

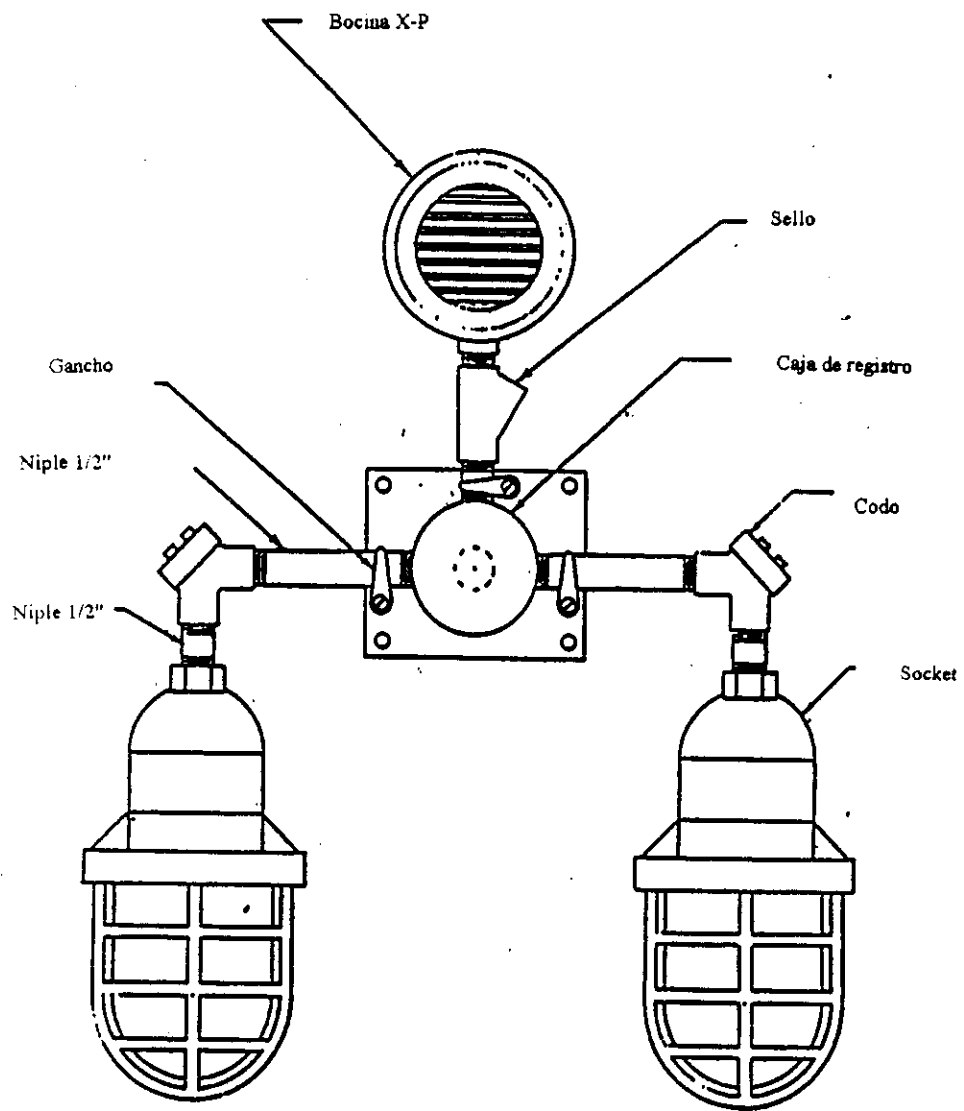


FIGURA 3.14  
 Instalación de los dispositivos de  
 señales de emergencia (bocina y luz)

(adicionalmente con rosca fina para confinar la llama dentro).

#### **Tubería de instalación eléctrica:**

Como puede notarse en la figura 3.14, toda la instalación debe ser a prueba de explosión. En este caso utilizaremos tubería Conduit de 3/4" para hacer todo el enguado de los cables de control y eléctricos.

En todas las secciones donde haya probabilidad de que se pueda producir una chispa se colocaron sellos de pasta para confinar la llama. Todas las cajas de registro son a prueba de explosión. Los codos de desvíos de tubería en 90°, tienen una rosca especial fina para poder cubrir con sello los cables eléctricos y de esta forma evitar que el fuego se expanda por toda la planta dentro de la tubería.

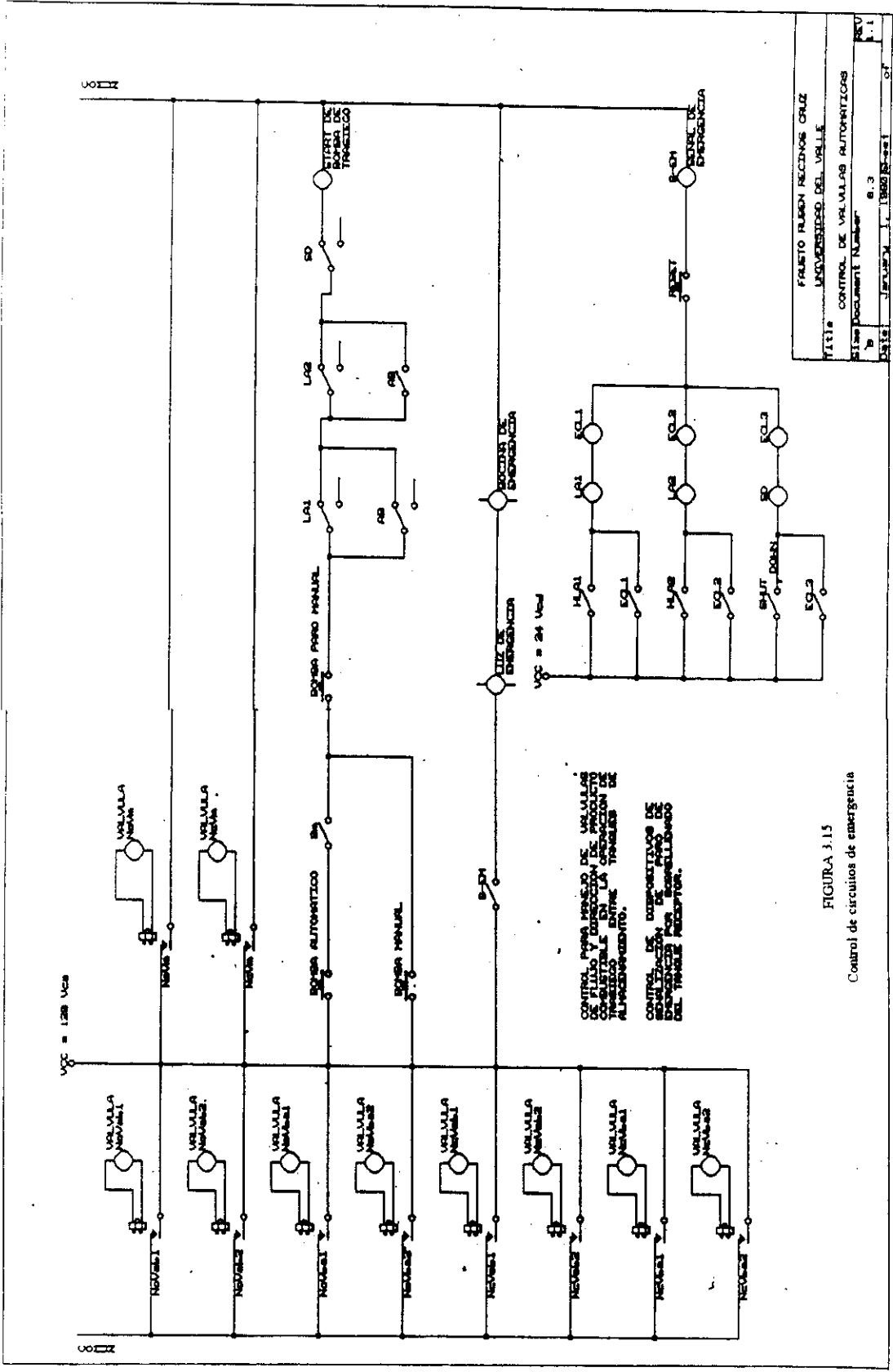
Adicionalmente, la carcasa de las luces de emergencia y bocina, deben ser a prueba de explosión.

#### **Circuito eléctrico de control:**

El diagrama del circuito eléctrico se muestra en la figura 3.15; como puede observarse, cuando el switch HLA de la alarma de alto nivel se activa, se cierra el circuito y las bobinas S-EM (señal de emergencia) y ECL (enclave) se energizan en el lado del circuito de 24 Vcd. El enclave mantendrá cerrado el circuito aun cuando HLA se abra nuevamente, de esta forma garantizaremos que los dispositivos de señalización se mantengan activos hasta que el personal de planta sea notificado; la única forma de desenergizar las dos bobinas será mediante el switch RESET.

En la segunda parte del circuito, en el ramal de 120 Vca, el switch S-EM (normalmente abierto) se cerrará y por lo tanto quedará energizada la luz (o las dos luces si se diseño para alarmas de alto y alto-alto) de emergencia de sobrellenado y la bocina también.

Ambos circuitos eléctricos estarán almacenados en el panel de control que se



CONTROL PARA MANEJO DE VALVULAS DE FILTRO Y DISTRIBUCION DE PRODUCTO COMESTIBLE EN LA OPERACION DE TRASELADO ENTRE TRASHES DE ALIMENTACION.

CONTROL DE INTERLOCKEOS DE EMERGENCIA PARA MANEJO DE EMERGENCIA POR BOMBEO DEL TRASH RECEPTOR.

FIGURA 3.15

Control de circuitos de emergencia

FRUTO FLAMEN RECINOS CRUZ	
TITULO CONTROL DE VALVULAS AUTOMATICAS	
Sistema Document Number 6.3	
DATE	REV
17/05/2011	1
01	01

encuentra en la oficina de mando de la operación de trasiego. Es importante mencionar que preferiblemente RST debe ser un switch de llave, es decir, que pueda desactivarse mediante una llave especial.

**c. Conexión de HLA al sistema de control:**

La detección de que el producto ha rebasado los niveles máximos de trabajo no debe únicamente dar aviso al personal de planta; adicionalmente se debe parar inmediatamente la bomba de trasiego para evitar que el producto siga llegando al tanque. La computadora debe ser notificada también para que las válvulas automáticas se cierren y no permitan que el producto circule en cualquier dirección. De hecho, la única operación que podría efectuarse es el retorno de producto combustible al tanque que se está trasegando.

Como ya habíamos mencionado anteriormente, cuando HLA se cierra como consecuencia de la activación del switch de nivel, se energiza S-EM y por lo consiguiente los dispositivos de señalización se activan. Tomando como referencia nuevamente la figura 3.15 en el circuito ramal de 120 Vca., notamos que LA se energizará y el switch correspondiente (normalmente cerrado) se abrirá, por lo que el arrancador de la bomba de trasiego será detenido.

Como segunda instancia, el puerto de entrada de la computadora, mediante el pin C0, quedará conectado a tierra mediante HLA. La computadora registrará el mensaje de entrada y procederá a efectuar un paro de emergencia. El paro de emergencia involucra el paro de la bomba de trasiego desde la computadora para que esta pueda ser operada únicamente si se cambia de dirección al proceso de trasiego. Adicionalmente, las válvulas automáticas de dirección y principal se cerrarán. Estas válvulas podrán ser activadas nuevamente si el trasiego se efectúa en la otra dirección (que sería el caso en que se quisiera retornar algo de producto al tanque que se está trasegando).

De los ramales eléctricos de 24 Vcd y 120 Vca, hay que notar los siguientes aspectos:

- El enclave ECL mantendrá activadas las señales de emergencia hasta que el switch RESET sea activado.
- Durante HLA se mantenga activada, la única forma de apagar las señales de emergencia es manteniendo el switch RESET abierto, de lo contrario estas se activarán nuevamente.
- HLA permanecerá cerrada hasta que el producto haya descendido por debajo del punto de operación de la alarma de alto nivel. Esto mantendrá energizada la bobina S-EM y por lo consiguiente abierto el switch correspondiente, esto no permitira que el arrancador de la bomba sea activado. En el momento de cambiar la dirección del trasiego, la bobina AB quedará desenergizada y por lo tanto el enclave (switch) AB cerrará, permitiendo que la bomba sea activada únicamente si se cambia de dirección al trasiego.

## **2. Paro de emergencia manual (Shut Down):**

De acuerdo a los procedimientos de operación de trasiego de producto combustible entre tanques, debe prevenirse cualquier eventualidad. De hecho, se debe poder detener la operación de trasiego desde varios puntos estratégicos, algunos de ellos son: las oficinas centrales, areas aledañas a los tanques y desde la computadora de mando.

Los switches de paro de emergencia estan colocados en el circuito ramal de 120 Vca., colocados en serie con el arrancador de la bomba de trasiego. Cualquiera de ellos que sea activado producirá un paro inmediato (Shot Down).

La computadora quedará notificada nuevamente mediante el puerto de entrada (pin C0) y procederá a efectuar un paro de emergencia como el descrito anteriormente, cuando se activo la alarma de nivel.

Debido al tipo de switch que se utiliza en la instalación (igual al switch RESET), el paro de emergencia quedará desactivado utilizando la llave correspondiente que libera los switches. Hay que notar que para que el trasiego pueda continuar se hace necesario liberar lo switches de paro de emergencia. La computadora actualizará los datos y nos

proporcionará un resumen del trasiego en el momento en que se produjo el paro de emergencia. Si se desea iniciar de nuevo, el proceso debe inicializarse nuevamente desde la computadora.

Utilizando este principio de operación, podremos colocar tantos botones de paro de emergencia como consideremos necesario. Todos los puntos estratégicos podrán ser cubiertos.

El paro de emergencia desde la computadora afecta directamente los componentes de operación. Desde la tecla ESC, el trasiego será detenido inmediatamente. Tanto la bomba como las válvulas automáticas regresaran a su estado inicial antes del trasiego.

Al igual que con los paros de emergencia desde los puntos estratégicos, la computadora presentará un resumen de la operación de trasiego en el momento en que el paro se produjo.

## BIBLIOGRAFIA

- Comer, D. Microprocessor - Based System Design. New York, Editorial HRW.  
1986 436 pp.
- Crespo, C. Manual de Instrumentación. Válvulas de Control. Michigan. Editorial  
1985 HRW. 443 pp.
- Darassik, I. Centrifugal Pumps and System Hydraulics. Michigan. Editorial HRW.  
1982 564 pp.
- Diefenderfer, J. Guía de Instrumentación Electrónica. Mexico, Editorial  
1987 Interamericana. 475 pp.
- Esso Inter-América Inc. Marketing Engineering Standards. Storage Tanks.  
Overfill  
1984 Miami, 456 pp.
- Koenigsberger, R. Instalaciones Electricas I y II. Guatemala, 2a. Edición. 223 pp.  
1989
- Leventhal, L. Microcomputer Experimentation with the INTEL SDK86. San  
Diego  
1986 Calif., Editorial HRW. 350 pp.
- Moorco, C. Set Stop Valves. Smith Meter Inc., Pennsylvania. 45 pp.  
1987
- Mwerrick, R. A guide to Selecting Manual Valves. Michigan. Editorial HRW.  
1986 455 pp.
- Redmond, J. The Basics of Stainless Steels. Michigan. Editorial HRW. 324 pp.  
1982