

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Ambiental

*Escuela Profesional de Ingeniería de
Higiene y Seguridad Industrial*



Diseño de un Sistema de Distribución de Agua
Contra Incendio para una Planta Petroquímica

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE HIGIENE Y
SEGURIDAD INDUSTRIAL**

VICUÑA MANDUJANO
Jorge Aurelio

SIERRA VARGAS
Percy Julio

Lima - Perú - 1989

A la memoria de mi inolvidable padre, al apoyo
de mi esposa y la esperanza de mis hijos.

Percy Sierra Vargas.

Al infatigable esfuerzo de mis padres:Luz e
Ignacio y al apoyo infinito de mis hermanos.

Jorge Vicuña Mandujano.

La gratitud por su apoyo, y su continuo
aliento en la culminación de éste trabajo.

Soledad/Jorge V.

SUMARIO

Para el desarrollo de la presente tesis, se ha tomado en cuenta a las instalaciones petroquímicas existentes en nuestro medio, especialmente de los tipos Refinería y planta de ventas, que procesan y distribuyen derivados del petróleo.

La mayoría de éstas instalaciones se encuentran ubicadas estratégicamente a lo largo de nuestro litoral y otros en la selva Amazónica, de los cuales un porcentaje considerable, no cuentan con un sistema de agua C.I., que pueda dar respuesta en el caso de presentarse una emergencia de gran embergadura. Esta necesidad, nos motiva a plantear lineamientos técnicos, para el diseño de un sistema de distribución de agua contra incendios, que no solo cubra las expectativas mayores, sino también que sea más eficiente en cualquier tipo de riesgo y sobre todo en su prevención.

Consideramos que este diseño típico servirá de mucho a los proyectistas y personal de seguridad, a la vez que utiliza métodos hidráulicos eficientes, y cumple con las normas establecidas por la UNDERSWRITES LABORATORIES (UL), y así plantear soluciones probadas, cuya aplicación se hace de suma urgencia para nuestro País.

PROLOGO

Siendo la más hermosa y noble de todas las labores humanas la del sembrador, presentamos el siguiente trabajo, enriquecidas por nuestras beneficiosas experiencias adquiridas en el extranjero, tanto en México como en España respectivamente, para su aplicación fructífera en el campo de la Prevención, Control y Combate de los Incendios.

Queremos resaltar nuestro agradecimiento a cada una de las personas que hicieron menos dificultosa nuestra labor, en forma especial a los Ingenieros Jorge Ruiz Botto, Demóstenes Vivar, Jorge Guibo, al Doctor Wolfgang Heinze y a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo en el aspecto técnico y académico. El reconocimiento a nuestra Alma Mater por sus enseñanzas y orientaciones en la formación profesional, así como en el desarrollo de la presente Tesis de grado que alcanzamos, sabiendo que puede ser ampliado y aún perfeccionado por aquellos que laboramos en este campo profesional.

J.V. / P.S.

LOS AUTORES

I N D I C E

	PAG
INTRODUCCION	01
CAPITULO I TERMINOLOGIA.....	03
1.1 El fuego	
1.2 Líquidos inflamables y combustibles	
1.3 Material incombustible	
1.4 Material combustible	
1.5 Material inflamable	
1.6 Temperatura de inflamación	
1.7 Temperatura de ignición	
1.8 Límite inferior de inflamabilidad	
1.9 Límite superior de inflamabilidad	
1.10 Rango de inflamabilidad	
1.11 Potencia calorífica	
1.12 Reactividad	
1.13 Energía de activación	
1.14 Humo	
1.15 Flama o llama	
1.16 Explosiones	
1.17 Sistema de identificación de riesgos	

CAPITULO II	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.....	07
2.1	El incendio	
2.1.1	Ignición	
2.1.2	Propagación	
2.1.3	Consecuencias	
2.2	Prevención de incendios	
2.3	Protección contra incendios	
2.4	Control de incendios	
2.5	Evacuación	
CAPITULO III	GENERALIDADES.....	13
3.1	Química del fuego	
3.2	Teorías del fuego	
3.2.1	El oxígeno	
3.2.2	Combustible	
3.2.3	Comburente	
3.2.4	Reacción en cadena	
3.3	Clasificación del fuego	
3.4	Fuentes de ignición	
3.5	Formas de extinción del fuego	
3.6	Agentes extintores	
CAPITULO IV	EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR.....	25
4.1	El agua	
4.2	Calidad del agua	
4.3	Fuentes de abastecimiento	
4.4	Usos y limitaciones	

CAPITULO V	DESCRIPCION DEL PROCESO.....	30
5.1	Finalidad de la planta	
5.1.1	Nafta	
5.1.2	Gas combustible	
5.1.3	Gas licuado de petróleo (GLP)	
5.1.4	Acido sulfhídrico	
5.2	Desarrollo del proceso	
5.2.1	Sección de fraccionamiento	
5.2.2	Sección de tratamiento ca�stico de nafta	
5.2.3	Sección de tratamiento de GLP con DEA	
5.2.4	Sección de tratamiento ca�stico de GLP	
CAPITULO VI	INGENIERIA DEL DETALLE DE PLANTA..	53
6.1	Localización general del equipo	
6.2	Clasificación de áreas peligrosas	
6.2.1	Lugares clase I	
6.2.2	Lugares clase II	
6.2.3	Lugares clase III	
6.3	Distribución de equipos	
6.3.1	Hidrante	
6.3.2	Monitor	
6.3.3	Tubería	
6.3.4	Mangueras	
6.3.5	Válvulas	
6.3.6	Cisterna	

CAPITULO VII	DISEÑO DEL SISTEMA.....	70
7.1	Bases para el dimensionamiento	
7.1.1	Criterios de diseño	
7.1.2	Criterios de cálculo	
7.1.3	Métodos de cálculo	
7.2	Sistema de rociadores	
7.2.1	Situaciones en las que se utiliza	
7.2.2	Cálculo del sistema	
7.3	Sistema de la red principal	
7.3.1	Cálculo del sistema	
7.3.2	Listado del programa	
7.4	Bombas Contra Incendio	
7.4.1	Características	
7.4.2	Selección de la bomba	
CAPITULO VIII	COSTO DE INVERSION.....	143
8.1	Metrado y presupuesto	
CAPITULO IX	CONCLUSIONES Y ANEXOS.....	146
BIBLIOGRAFIA		

INTRODUCCION

Desde los albores de la humanidad, los riesgos y accidentes han estado asociados a los hombres, naciendo la seguridad como una necesidad de protección de la persona y de sus bienes.

El despertar industrial y el avance tecnológico exigen mayores conocimientos de seguridad, impulsando la toma de conciencia en él, y su imperiosa necesidad de prevenir situaciones peligrosas, que controlen y eliminen los riesgos en cualquiera de sus formas que se presenten en las diversas actividades humanas, en resguardo de sus propias vidas, y por consiguiente de los bienes y medio social en las cuales están inmersos.

Dentro de la industria del petróleo y sus derivados, los incendios representan altos riesgos, debido a la baja temperatura de ignición de estos productos, para lo cual es necesario que se cuente con un sistema de contra incendio adecuado y una eficiente preparación de sus trabajadores, capaces de prevenir los incendios, controlarlos o combatirlos en caso que se presenten.

En una planta petroquímica, de acuerdo a sus características presentadas, la aplicación del agua, en forma y cantidades adecuadas, resulta de suma importancia debido al su fácil disponibilidad, bajo cos-

to, nula toxicidad y excelente capacidad para absorber rápidamente grandes cantidades de calor.

Contando con un sistema de agua contra incendio es necesario que se cuente en cada punto de salida con el caudal y presión necesaria para su aplicación, también a la vez que vaporice el agua y diluya el oxígeno del aire, formando una atmósfera inerte y una barrera de protección para el personal que combate el fuego.

La esencia del presente trabajo, es considerar la eficiencia de un sistema C.I. y métodos como el de Hardy Cross capaces de diseñar un sistema adecuado para la prevención, extinción y control de los incendios en caso de presentarse.

" LA SEGURIDAD ES RESULTADO DE LA PREVENCIÓN;
Y LA PREVENCIÓN ES HACER USO DE LA RAZÓN"

LOS AUTORES

CAPITULO I :

TERMINOLOGIA

combustible, en contacto con el aire, desprende la suficiente cantidad de vapor para que se produzca la inflamación de la mezcla vapor-aire mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa.

1.7 TEMPERATURA DE IGNICION (o Autoignición)

Es la temperatura mínima a la que una sustancia en contacto con el aire arde espontáneamente (inicia su combustión) sin necesidad de un aporte energético de la mezcla.

1.8 LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD

Es la concentración mínima de un gas o vapor inflamable en el aire, que mantendrá una flama al contacto con una fuente de ignición. La mezcla combustible-aire por debajo de este límite es demasiado "pobre" para quemarse o explotar.

1.9 LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD

Es la concentración máxima de un gas o vapor inflamable en el aire que mantendrá una flama al contacto con una fuente de ignición. La mezcla combustible-aire por encima de este límite es demasiado "rica" para quemarse o explotar.

1.10 RANGO DE INFLAMABILIDAD

Son las mezclas combustible-aire situadas entre los límites de inflamabilidad.

1.11 POTENCIA CALORIFICA

Es la cantidad de calor que puede emitir un combustible, por unidad de masa, al sufrir un proceso de combustión completa.

1.12 REACTIVIDAD

Se consideran como reactivos a aquellos productos que pueden sufrir por choque, frotamiento o reacción con productos incompatibles, reacciones de gran potencial energético que pueden en algunos casos derivar en explosiones.

1.13 ENERGIA DE ACTIVACION

Es la energía mínima que necesitan los productos para que se inicie la reacción. Dicha energía es aportada por los llamados focos de ignición.

1.14 HUMO

Este aparece por una combustión incompleta ya que pequeñas partículas se hacen visibles, variando estas en su color, tamaño y cantidad. Su color depende de los materiales que se están quemando :

- Blanco o gris pálido, indica que arde libremente.
- Negro o gris oscuro, indica un fuego con falta de Oxígeno.
- Amarillo, rojo o violeta, presencia de gases tóxicos.

1.15 FLAMA O LLAMA

El fuego es una atmósfera rica en oxígeno, es acompañado de una luminosidad llamada flama o llama, es el producto destructivo de la combustión.

1.16 EXPLOSIONES

El término explosión se aplica de una forma genérica aquellos fenómenos que conllevan la aparición de ondas de presión que causan fenómenos destructivos.

1.17 SISTEMA DE IDENTIFICACION DE RIESGOS

El sistema de identificación que se utiliza se deriva del recomendado por el N.F.P.A. (National Fire Protection Association) y que sirva para identificar rápidamente al producto químico en relación con los códigos de referencia, para indicar el grado de severidad se utiliza los números : 4 , 3 , 2 , 1 y 0, de mayor a menor severidad, representados en un diamante dividido en cuatro sectores iguales con sendos colores de identificación.

Rojo	Rojo: Riesgo de inflamabilidad.
Celeste	Celeste: Riesgo para la salud.
Amarillo	Amarillo: Reactividad o inestabilidad.
Blanco	Blanco:Alguna reactividad singular.

CAPITULO II :

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

2.1 EL INCENDIO

Puede definirse como el fuego fuera de control, el cual produce daños a la propiedad y/o lesiones a personas.

Para un análisis sistemático, el incendio se divide en tres etapas:

2.1.1 IGNICION

Es la conjunción del material combustible, el oxígeno y calor en el espacio y tiempo, con intensidad suficiente para provocar la inflamación del combustible.

Entre los principales focos de ignición tenemos:

a) **Focos térmicos.**— Generados por la transferencia de calor, provocados por el empleo de útiles de ignición (mecheros, fósforos, etc.), soldadura, acciones de fumar o en general por las condiciones térmicas ambientales.

b) **Focos eléctricos.**— Con intervención de la corriente eléctrica debido a chispas de interruptores, fluorescentes, motores, sobre cargas, cargas estáticas, descargas eléctricas, etc..

c) **Focos químicos.**— Producto de reacciones químicas, exotérmicas debido a las sustancias reactivas o a sustancias auto-oxidantes.

2.1.2 PROPAGACION

Es la evolución del incendio en el espacio y en el tiempo. Esta propagación se realiza por los mecanismos normales de transmisión:

- Conducción.
- Convección natural o forzada.
- Radiación.

2.1.3 CONSECUENCIAS

Son las lesiones a personas o daños a los bienes, derivadas del inicio y propagación del incendio.

2.2 PREVENCIÓN DE INCENDIOS

El término prevención, aplicamos al conjunto de medidas tendientes a evitar el riesgo, o limitar las consecuencias.

Hay que resaltar el hecho de que los incendios son debidos a deslices en materia de prevención, de ahí la importancia de detectar y eliminar los riesgos, no solamente mejorando la infraestructura y aplicación de un programa adecuado, sino la eficiente utilización de los mismos.

Entre las principales medidas preventivas, tenemos las siguientes:

a) Instrucción del personal.— Considerando que la seguridad es responsabilidad de todos, el personal debe de conocer el funcionamiento de los equipos e instalaciones que se encuentran bajo su área de trabajo.

b) Inspecciones continuas y periódicas para eliminar

las condiciones inseguras de trabajo tales como:

- Eliminar la presencia de residuos inflamables, evitando su formación, programando limpiezas disponiendo recipientes herméticos.
- Evitando la existencia de materiales inflamables provisionales en fabricación, dejando la cantidad estrictamente necesaria para el proceso.
- Programando el mantenimiento periódico.
- Sustituir el material inflamable por otro que no lo sea en condiciones de manipulación.
- Dilución o mezcla por adición al combustible de otra sustancia que aumente su temperatura de inflamación.
- Almacenamiento y transporte de combustibles en recipientes estancos.
- Recubrir el combustible de una capa incombustible.
- Ventilación natural o forzada en los locales donde se forman mezclas inflamables.
- Método de trabajo en manipulación y trasvase de inflamables.
- Señalización adecuada para evitar errores involuntarios.
- Chequeos de los permisos de trabajo, etc.

c) Mantenimiento de equipos .-

- Que los extintores esten operativos.
- Que el sistema de agua contra incendio funcione

la presión adecuada.

- Revisión periódica del sistema de accesorios de contra incendio.
- Uso de los detectores de gases.

2.3 PROTECCION CONTRA INCENDIOS

En la lucha contra incendios, tanto en su facetas de prevención o protección se pueden realizar dos etapas:

a) Lucha activa.- Comprende aquellas situaciones que implican una acción como la prevención activa, Ejemplo : Ventilación, eliminación de combustibles, de focos de ignición, etc.

Protección activa : Detección, evacuación, extinción, etc.

b) Lucha pasiva.- Se quiere indicar aquellos métodos de lucha con eficacia se debe estar permanentemente presentes, pero sin tener ninguna acción directa sobre el fuego. Por ejemplo: Muro corta fuego, una salida de humo expofeso, sistemas de alarmas, etc. A esto cabe añadir que también podemos contar con el servicio de vigilancia para la protección oportuna en caso de presentarse una emergencia, actuando con eficacia y prontitud de ser requerida.

2.4 CONTROL DE INCENDIOS

Una vez iniciado un incendio, el desarrollo del mismo dependerá de múltiples factores, destacando el

tipo, cantidad y disposición de los combustibles por un lado y la disposición estructural del edificio o área, por otros.

La propagación del incendio general se produce hacia arriba y hacia los lados del foco inicial, la propagación hacia abajo, sólo se producirá por la caída de cuerpos en combustión o por derrames de combustibles líquidos que son más frecuentes en las industrias petroquímicas.

La propagación horizontal se produce por contacto continuado de combustibles en horizontal. Es comparativamente fácil de combatir; en cambio la propagación vertical es más peligrosa y difícil y viene determinada por las corrientes de convección que el propio fuego origina. Si la zona permite el establecimiento de esas corrientes de convección (gases calientes, partículas incandescentes, etc.) a través de ductos, huecos, escaleras, etc. la transmisión del incendio hacia arriba se verá favorecida.

La disposición de muros de contención, puertas, superficies, distancias, etc. en determinadas zonas ayudan al control del incendio.

2.5 EVACUACION

La evacuación es la acción de desalojar el área donde se ha declarado el incendio o la emergencia. Para evacuar se sigue un camino no obstruido y pre-establecido la cual conduce hacia una zona exterior

o segura, este camino puede subdividirse en:

- Acceso a la vía de evacuación .
- Vías de evacuación o
- Vía de descarga.

El tiempo de evacuación se estima sumando los tiempos de : Detección, alarma, retardo y el propio de la evacuación.

Estimándose que la evacuación de 100 personas en un centro laboral debe ser aproximadamente 60 segundos a una velocidad de 60 metros por minuto en vías horizontales y de 30 metros por minuto en vías verticales.

CAPITULO III :

GENERALIDADES

3.1 QUIMICA DEL FUEGO

La química del fuego, desarrolla el mecanismo de la llama difusa referida a los vapores inflamables; los cuales bajo la radiación del calor son disociados en moléculas simples, hidrógeno libre, radicales libres, (que son moléculas fragmentadas y carbón libre). Debido a su evolución continua ellos se desprenden y empiezan a arder dentro de sus límites de inflamabilidad en proporciones definidas.

A medida que estos vapores atraviesan la zona de la llama encuentran más aire, por consiguiente, continúan quemándose, hasta agotarse uno de los elementos del fuego.

3.2 TEORIAS DEL FUEGO

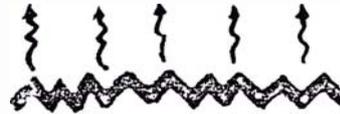
Para que el fuego se inicie tienen que encontrarse presentes y en proporciones correctas tres factores esenciales: Oxígeno, Combustible y Temperatura adecuada (calor), los cuales forman el triángulo del fuego.

Para que el fuego continúe o se incremente, es preciso que la energía sea suficiente para mantener la reacción en cadena. En muchos tratados esta última condición se ha introducido como un factor más dando lugar al llamado Tetraedro del Fuego.

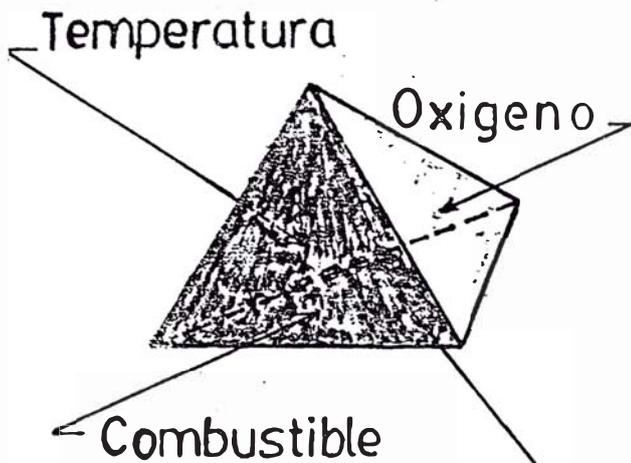
Ver dibujo:



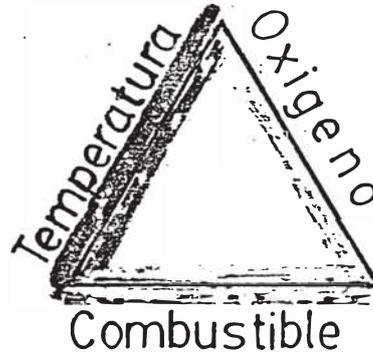
Con llama



y/o Sin llama (incandescente)



Reacción en cadena —
no inhibida del proceso
de combustión.



No hay
reacción en cadena

Difusión y Reignición
continua automática
lograda a los niveles de
temperatura de la llama.

El oxígeno se encuentra
en la superficie de
contacto del combustible
incandescente

Combustible en forma
de vapor y/o gas.

El combustible adopta
forma de sólido incandescente.

REQUISITOS DE LAS DOS MODALIDADES:

BASICAS DE COMBUSTION

3.2.1 EL OXIGENO

Generalmente el aire que respiramos contiene el 21% de oxígeno.

El grado necesario de dilución del oxígeno varía. Esta diferencia es más notoria en el caso de los sólidos, ejemplo: el acetileno necesita una concentración de oxígeno inferior al 4%, los gases vapores de hidrocarburos no suelen arder cuando el nivel de oxígeno está por debajo del 15%.

3.2.2 COMBUSTIBLE

Es toda sustancia susceptible de combinarse con el oxígeno en una reacción rápida y exotérmica.

Todo combustible se quema en fase de gas o vapor, cuya peligrosidad bajo su posible ignición, depende fundamentalmente de:

- La concentración combustible-porcentaje de oxígeno.
- La temperatura mínima a la que el combustible emita suficientes vapores para alcanzar dicha concentración.
- La energía de activación aportan a la mezcla para que se inicie el proceso y se desarrolle la reacción en cadena.

De las diversas mezclas combustible-aire, de acuerdo los límites inferiores y superiores la inflamabilidad (LI y LS) y temperatura de inflamación temperatura de autoignición, tenemos el siguiente cuadro :

COMBUSTIBLE	°C		%		RIESGOS		
	Ti	Ta	Lli	LSi	S	I	R
GASOLINA 84	-43	300	1.4	7.6	1.0	3.0	0.0
GASOLINA 95	-43	330	1.5	7.6	1.0	3.0	0.0
KEROSENE DOMESTICO	38	210	0.7	5.0	0.0	2.0	0.0
NAFTA	-18	288	1.1	5.9	1.0	4.0	0.0
GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP)	GAS	540	2.2	9.6	1.0	4.0	0.0
ACIDO SULFIDRICO	GAS	260	4.0	44.0	3.0	4.0	0.0
METANO	GAS	540	5.0	15.0	1.0	4.0	0.0

Ti = Temperatura de ignicion

Ta = Temperatura de autoignicion

Lli= Limite Inferior de inflamabilidad

LSi= Limite Superior de inflamabilidad

S = Grado de riesgo para la salud

I = Grado de riesgo de inflamabilidad

R = Grado de riesgo por autoreactividad

3.2.3 COMBURENTE

Se considera comburente toda aquella mezcla de gases en la cual el oxígeno está en proporción suficiente para que en su seno se desarrolle la combustión.

El comburente normal es el aire que en promedio se necesita como mínimo un 14% de oxígeno para sostener la combustión.

3.2.4 REACCION EN CADENA

De la energía desprendida en la reacción, parte es disipada al ambiente provocando los efectos térmicos derivados del incendio y el resto calienta a más productos reaccionantes aportando la energía de activación precisa para que el proceso continúe.

Si esta última energía no es suficiente, el proceso se detiene y si es superior a la necesaria el proceso se acelera.

Si dicha energía es igual o superior a la necesaria, el proceso se "encadena" desarrollándose en sucesivas etapas, mientras existan productos a reaccionar, denominándose reacción en cadena.

A nivel molecular, la energía de activación permite que los productos reaccionantes distiendan sus enlaces formándose partículas de gran actividad que se llaman radicales libres, y provocan la reordenación de átomos y partículas activas dando lugar a los productos de reacción.

3.3 CLASIFICACION DEL FUEGO

De acuerdo con los materiales combustibles que los alimenta, los fuegos se clasifican en cuatro clases:

a) Fuego clase A. - Fuegos de materiales combustibles sólidos ordinarios (madera, tejidos, papel, goma, etc.) los cuales para su extinción necesitan los efectos de enfriamiento y absorción del calor que produce el agua.

b) Fuego clase B. - Fuegos de líquidos combustibles o inflamables, gases inflamables, grasas y materiales similares, cuya extinción se logra más fácilmente eliminando el aire (oxígeno, inhibiendo la emisión de vapores combustibles, o interrumpiendo la reacción en cadena de la combustión.

c) Fuego clase C. - Fuegos de equipos y maquinarias eléctricas bajo tensión, en los que la seguridad de la persona exige la utilización de equipos que no sean conductores de la electricidad.

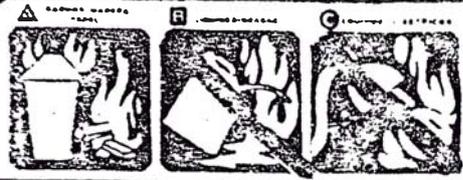
d) Fuego clase D. - Se produce por la combustión de metales tales como: Magnesio, Titanio, Sodio, Potasio, Litio etc..

RESUMEN: Fuegos de clase "A"
 Fuegos de clase "B"
 Fuegos de clase "C"
 Fuegos de clase "D"

Ver el siguiente cuadro:

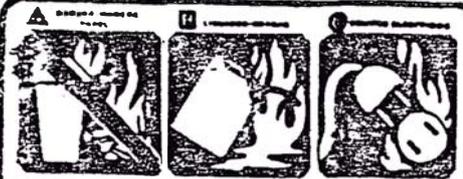
IDENTIFICACION DE LOS EXTINTORES

Cada extintor lleva una etiqueta de identificación en la que se grafica el tipo de fuego apropiado para su uso, así como las instrucciones para su uso correcto.

	
EXTINTOR DE AGUA CLASE: A	INSTRUCCIONES 1 RETIRE EL PUNTERO 2 DIRIGA LA BOQUILLA A LA BASE DEL FUEGO 3 PRESIONE LA MANEJA DE LA VILETA
No. _____  C1003-86	PELIGRO NO LO USE EN INCENDIOS ELECTRICOS

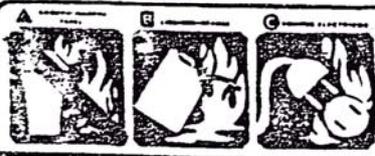
Etiqueta para el extintor de Agua



	
EXTINTOR DE POLVO QUIMICO CLASES: B C	INSTRUCCIONES 1 RETIRE LA BOQUILLA DE SU EXPOSICION 2 ABRA LA VILETA DEL CILINDRO O ACCIONE EL PUNTERO 3 PRESIONE LA MANEJA DE LA VILETA EN FORMA DE SIFON
No. _____  C1003-86	

Etiqueta para el extintor de Polvo Químico Seco.



	
EXTINTOR DE GAS CARBONICO CLASES: B C	INSTRUCCIONES 1 RETIRE EL PASADIZO 2 DIRIJA LA BOQUILLA A LA BASE DEL FUEGO 3 PRESIONE LA MANEJA DE LA VILETA EN FORMA DE SIFON
No. _____  C1003-86	

Etiqueta para el extintor de Gas Carbónico.



Clases de Incendios y Agentes Extintores Recomendados

	A	B	C	D
AGUA	Si excelente. Absorbe grandes cantidades de calor, saturando el material evitando el resurgimiento del fuego.	No. En forma de chorro compacto extiende el incendio. Si. En forma de niebla.	No. Es un conductor de la electricidad.	No. Reacciona en forma violenta con estos materiales.
ESPUMAS	Si. Por sus efectos refrescantes y porque reducen la disponibilidad de oxígeno.	Si. Cubren la superficie del combustible reduciendo la emanación de vapores.	No. Son soluciones de polvos espumógenos en agua.	No. Producen explosiones por la presencia del agua.
BIOXIDO DE CARBONO	No. Su efecto enfriador es insignificante.	Si. Cubre la superficie del combustible excluyendo el oxígeno.	Si excelente. No conduce la electricidad, no corroe y no es tóxico.	Si. No reacciona con estos materiales por ser un gas inerte.
POLVOS QUIMICOS	Si. Producen una capa retardadora del fuego que evita el resurgimiento de las llamas.	Si. Poseen una acción sofocante, pero aumentan su efectividad al combinarse con una espuma.	Si. Cuando el equipo no es muy valioso.	Si. Forman una capa viscosa fundida sobre el metal que excluye al oxígeno.
HALONS *	Si. Siempre y cuando no estén muy extendidos.	Si. Proveen algo de enfriamiento e inhiben químicamente las llamas.	Si. Especiales para equipo eléctrico y electrónicos valiosos.	Si. Por las características anteriores.

*: Su empleo se limita a lugares bien ventilados.

3.4 FUENTES DE IGNICION

Cabe destacar antes, que existen diversas fuentes de ignición que originan los diferentes tipos de fuegos

a) Flama Abierta.— Se encuentra en la llama de calentadores, calderas, sopletes, quemadores, etc.

b) Chispas por fricción.— Al frotar metales se producen chispas que pueden proporcionar la energía suficiente para iniciar la combustión.

c) Energía eléctrica.— Los circuitos eléctricos están siempre expuestos a producir chispas o arcos no sólo en altos voltajes, sino en potenciales moderados, produciendo la energía suficiente para prender los vapores combustibles.

d) Eléctricidad estática.— Al fluir líquidos y gases por las tuberías y equipos, generan electricidad que se van acumulando hasta llegar a cantidades tales que al disiparse produce chispas, por lo que todos los equipos como bombas, tuberías, recipientes etc., deben estar conectados a tierra para disipar la electricidad formada.

e) Combustión espontánea.— Existen sustancias inestables que al ponerlas en contacto reaccionan entre sí, generando luz y calor o bien reaccionando espontáneamente con el oxígeno del aire.

3.5 FORMAS DE EXTINCION DEL FUEGO

La extinción del fuego se basa en eliminar uno de los factores necesarios para la existencia del fuego, teniéndose tres métodos para la extinción del mismo:

a) Eliminación del combustible.— El eliminar el material combustible permitirá apagar el fuego, ejemplo: cerrar las válvulas de la línea de combustible, separar el material etc.

b) Enfriamiento.— Se basa en la eliminación del calor; para evitar que continúe la combustión. El agua es el agente más efectivo para este fin, cuanto más fina es la lluvia de agua, mayor será la superficie disponible para la absorción del calor.

c) Sofocamiento.— Consiste en evitar que entre en contacto el oxígeno del aire y los vapores combustibles, esto se logra en dos formas: primero creando una atmósfera inerte (exenta de oxígeno), la otra es aislando al combustible del aire por medio de una capa intermedia.

La primera, utilizando agentes extintores la segunda por medio de espumas mecánicas o agua liviana.

3.6 AGENTES EXTINTORES

Los agentes extintores utilizados en la actualidad, involucran una amplia gama de sustancias químicas, que van desde los gases, pasando por los líquidos, hasta llegar a los sólidos particulados. Eso no excluye que en el futuro sea común el empleo de agentes de extinción basados en principios completamente físicos, como son : las ondas de choque, ciertas vibraciones críticas o campos eléctricos intensos cuyos efectos provocarán la ruptura de las reacciones en cadena de la llama.

Dentro de estos agentes tenemos :

a) Agentes líquidos.-

- Agua
- Espuma

b) Agentes sólidos.-

- Variedades de polvo químico seco

a) Para fuego tipo ABC:

- Fosfato de amonio $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$
- Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

b) Para fuego tipo BC:

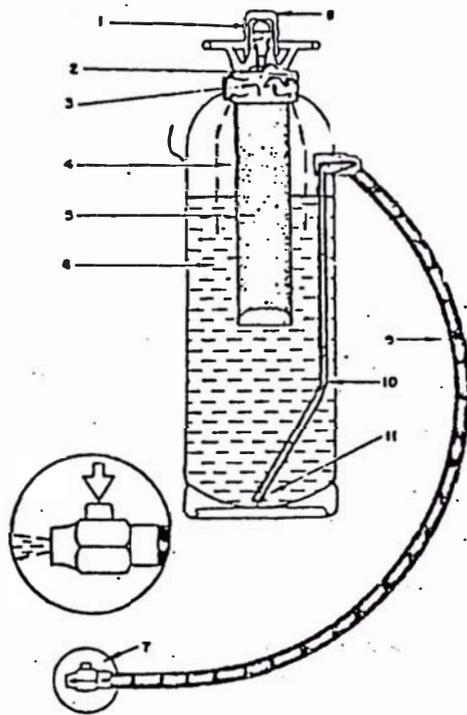
- Bicarbonato de sodio NaHCO_3
- Bicarbonato de potasio KHCO_3
- Cloruro de potasio KCl
- Carbonato de potasio KNH_2CO_2
- Sulfato de potasio K_2SO_4

c) Para fuego tipo D:

- Cloruro de sodio NaCl
- Carbonato de sodio NaCO₃
- Cloruro de litio
- Silicato de zirconio
- Grafito

c) Agentes gaseosos.-

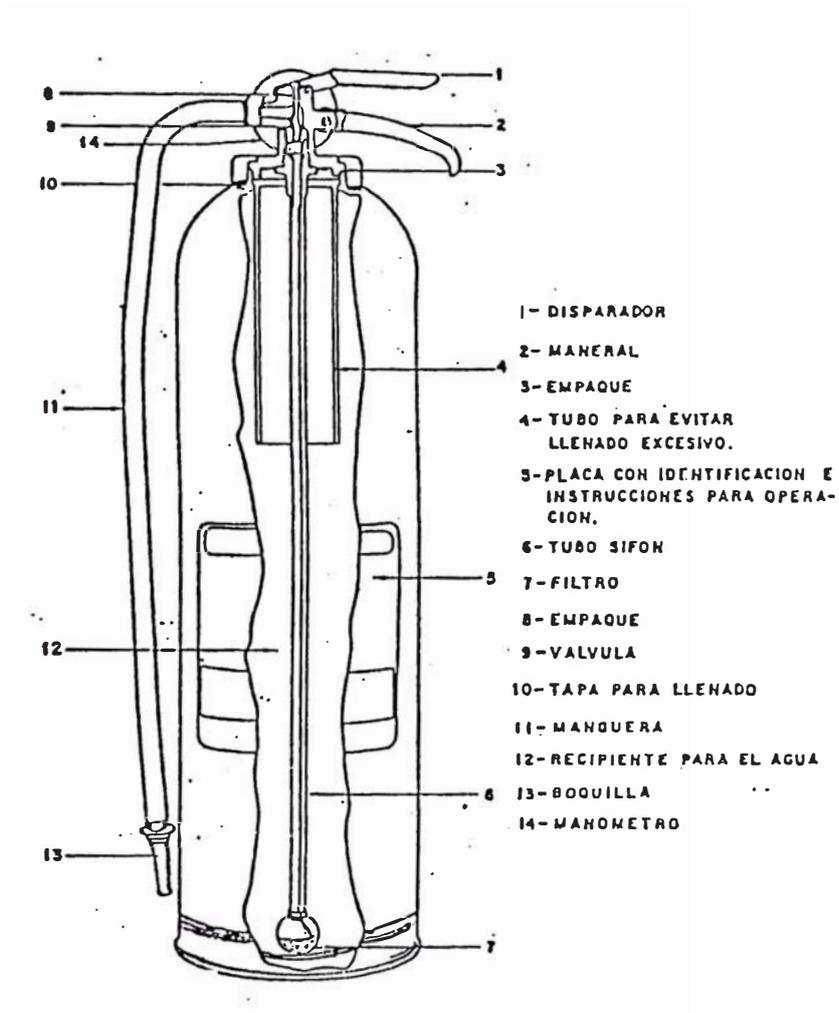
- Bioxido de carbono o anhídrido carbónico
 - Nitrógeno
 - Agentes halógenados (HALON)
 - Vapor de agua
-



- 1 - PERCUSOR
- 2 - AGUJA
- 3 - SELLO
- 4 - CARTUCHO
- 5 - DIOXIDO DE CARBONO
- 6 - AGUA

- 7 - BODUILLA DESCARGA
- 8 - CAPUCHA DE SEGURIDAD
- 9 - MANGUERA
- 10 - TUBO-SIFON
- 11 - FILTRO DE MALLA

EXTINGUIDOR DE AGUA 9.5 LT (2 1/2 GAL) DE CAPACIDAD CON CARTUCHO A PRESION



EXTINGUIDOR DE AGUA DE PRESION CONTENIDA DE 9,5 LTS (2 1/2 GAL)
 DE CAPACIDAD

CAPITULO IV :

EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR

4.1 EL AGUA

El agua es un agente auxiliar imprescindible, porque es necesaria para enfriar los sólidos adyacentes, afectados por el calor de un incendio. Entre los sólidos hay que considerar especialmente las paredes de los recipientes que contienen los líquidos.

Existe un uso del agua que mas que auxiliar podríamos llamar circunstancial, se trata el agua en forma de niebla o fraccionada, lo llamamos circunstancial porque su uso queda condicionada a que se den las dos circunstancias siguientes: La primera de ellas es que los líquidos para los que se pretenden utilizarse, puedan rodearse totalmente en un instante dado con agua (instalaciones fijas) como en nuestro caso en el uso de rociadores. La segunda es la importancia que tiene el punto de evaporación de los líquidos, para que este no siga desprendiendo vapores inflamables, hay que bajar la temperatura de su superficie por debajo de dicho punto.

Entonces fácil es deducir que con agua será posible bajar la temperatura por debajo de la del ambiente, pues por una parte puede asegurarse que con el agua de los servicios contra incendios será fácil hacer descender la temperatura de la superficie de un líquido, aún en un ambiente cálido.

4.2 CALIDAD DEL AGUA

El agua del servicio contra incendio debe ser dulce no necesariamente potable, pero si limpia. Si se toma de tanques o presas, deberá ser tratada periódicamente para evitar la acumulación de materia orgánica y sedimentos.

4.3 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El lugar geográfico definirá la fuente de abastecimiento de agua, estas fuentes de abastecimientos se clasifican como:

a) Primarias.— Tales como ríos, lagos, fuentes naturales, pozos o servicios municipales.

La capacidad de la fuente primaria debe ser tal que debe mantener el gasto máximo requerido durante ocho horas continuas para el riesgo mayor que se tenga en la instalación que se va a proteger.

b) Fuentes secundarias.— Tales como tanques elevados y cisternas.

Esta fuente secundaria debe ser capaz de mantener el gasto necesario en caso de incendio para que las bombas operen durante cinco horas con el gasto máximo posible.

Puede utilizarse agua contenida en las torres de enfriamiento, plantas de tratamiento, etc. pero este volúmen no debe considerarse como almacenamiento de la fuente secundaria.

4.4 USOS Y LIMITACIONES

A) Agua en forma de rocío..- Usos: En general puede ser usada el agua en forma de rocío para cualquiera de los siguientes propósitos o combinaciones de los mismos:

- a) Extinción del fuego
- b) Control del incendio
- c) Protección a la explosión
- d) Prevención del fuego

Limitaciones: Hay algunas limitaciones para el uso del agua del rocío, las cuales deben ser consideradas : Tales limitaciones involucran la naturaleza del equipo que va a ser protegido, las propiedades químicas y físicas del material involucrado y los riesgos del medio ambiente.

Para la limitación del agua también se considera otras limitaciones como son: Derrames, espumamiento, espacios entre instalaciones eléctricas.

B) Agua a chorro..- Propiedades extintoras:

- Refrigerante excelente..De combustible con t 100°C
- Sofocante aceptableVapor de agua formado
- Eliminador excelente...De combustibles en proximidades

Ventajas:

- Económica
- Abundante
- Disponible casi siempre

- No tóxica
- Normalmente inerte

Inconvenientes:

- No utilizable en fuegos eléctricos
- Produce daños de consideración
- Es incompatible a la extinción de metales ligeros

Observaciones:

- Si existe riesgo de congelación puede adicionarse anticongelante.
- En la extinción de líquidos inflamables en depósitos, si estos tienen una densidad inferior a la del agua existe el riesgo de derrames.

C) Aqua pulverizada.- Propiedades extintoras:

- Refrigerante excelente
- Sofocante bueno
- Eliminador excelente

Ventajas:

- Económica
- Abundante
- Disponible casi siempre
- No tóxica
- No dispersa incendios
- Utilizable en fuegos eléctricos si la pulverización es adecuada.

Inconvenientes:

- Produce daños de consideración
- Es incompatible en la extinción de metales ligeros

Observaciones:

- Igual que la anterior
- El agua puede pulverizarse por medio de difusores reduciéndose a gotas muy finas favoreciéndose su vaporización y por tanto su efecto refrigerante. En la extinción recibe el nombre de niebla de alta velocidad, la niebla de baja velocidad se utiliza en forma de abanico para protegerse de la radiación del fuego.

D) Agua ligera.- La adición al agua de un espesante especial en proporciones comprendidas entre el 3% y 6% provoca que en su utilización, en la extinción de líquidos inflamables, se forme una fina película en la superficie de gran cohesión y resistencia que a modo de sellado extingue el fuego por sofocación, aparte del efecto refrigerante de la base acuosa.

Observación:

Debe tenerse en cuenta que al ocurrir el incendio, también los líquidos inflamables contienen agua, ya sea en suspensión o en el fondo, esta se evapora por los 200°C de temperatura y las burbujas de vapor arrastran líquidos en su subida y lo derraman fuera del recipiente, a veces a grandes distancias del mismo. entonces los líquidos pesados son los que pueden apagarse con agua pulverizada, cosa que no sucede con los líquidos livianos.

CAPITULO V :

DESCRIPCION DEL PROCESO

5.1 FINALIDAD DE LA PLANTA

La finalidad de la planta es estabilizar Nafta proveniente de la Sección Atmosférica, obteniendo como productos Nafta Estabilizada, Gas Combustible, Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.) y como subproducto Acido Sulfhídrico.

5.1.1 NAFTA

Con este nombre se designa a la Gasolina. La que se obtiene en la Destilación Atmosférica es llamada Gasolina Pesada que contiene hidrocarburos desde C1 a C9 y compuestos de azufre. Esta gasolina al someterla a una nueva destilación para separar hidrocarburos desde C1 a C4 y a un Tratamiento Cáustico para eliminar los compuestos de azufre da como resultado la Gasolina o Nafta Estabilizada.

5.1.2 GAS COMBUSTIBLE

Está formado principalmente por Metano, Etano pequeñas cantidades de hidrocarburos pesados y ciertos constituyentes no combustibles como Bióxido de Carbono, Nitrógeno y Helio. Se obtiene en la Etapa de Fraccionamiento.

5.1.3 GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.)

Este nombre se aplica a la mezcla de hidrocarburos que se licúan a presiones moderadas y temperatura ambiente. Está constituido por Propano, Propileno, Butano, Butileno e Isobutano mezclados en cualquier

proporción. Es obtenido durante la Etapa de Fraccionamiento, carece de olor propio por lo que para identificar su escape sufre un proceso de odorización que consiste en la adición de mercaptanos.

5.1.4 ACIDO SULFHIDRICO

Este compuesto se elimina durante la Etapa de Tratamiento, tanto de Nafta como de G.L.P. . Es un compuesto que si permanece en la gasolina producirá corrosión en el motor y disminuirá el índice del octano y en el caso del G.L.P. al quemarse formará Anhídrido Sulfuroso que es muy contaminante. Las especificaciones relacionadas con el contenido de azufre en los hidrocarburos son muy rígidas y a medida que se agotan los yacimientos de azufre, el Acido Sulfhídrico como subproducto adquiere mucha importancia. En el caso de la Nafta, el H₂S remanente y los mercaptanos se separan mediante soluciones alcalinas o solubilizantes. El "Endulzamiento Doctor" emplea una solución alcalina de Plumbito Sódico o de Cloruro de Cobre; el "Endulzamiento Solutizer" se efectúa con una solución de Hidróxido Sódico que contiene un solubilizador, el segundo método es el que se emplea en esta planta.

En la corriente de G.L.P. se encuentran presentes gases ácidos (H₂S y CO₂) y mercaptanos cuya remoción se lleva a cabo por separado, contándose para ello

con diferentes procedimientos y que se mencionan a continuación :

a) Proceso Girbotol.— El gas ácido se elimina por el tratamiento del G.L.P. con una base fácilmente regenerable, las mono y dietanolaminas (M.E.A. y D.E.A.) son usadas para este propósito. La D.E.A. es la más empleada por ser poco corrosiva, no pierde su capacidad potencial de amina, es muy efectiva y sus necesidades son mínimas, sin embargo reacciona reversiblemente con el 75% del sulfuro de carbono mientras que la M.E.A. reacciona irreversiblemente con el 95% del mismo formando productos degradados que pueden ser eliminados.

b) Proceso Sulfinol.— Emplea una mezcla de Sulfo-nale (Tetrametileno Sulfone) y alcanolaminas o el carbonato de potasio.

c) Proceso Econamina.— Utiliza la Diglicolamina (D.F.A.) y es reportado para remover gas ácido remanente. Esta es requerida por tener más flexibilidad que las otras etanolaminas. El bajo punto de congelación de sus soluciones acuosas la hace adecuada para climas fríos y su capacidad de tratamiento a temperaturas elevadas es ventajosa en climas cálidos.

d) Proceso Selexol.— Utiliza Dimetil Eter de Polietilenglicol cuando el G.L.P. contiene por mucho 44% de CO₂ y 66 ppm de H₂S. Se basa en la absorción

química. Tiene buenos resultados cuando la concentración de gas ácido y la presión de operación es alta a temperaturas bajas.

e) Proceso Sepasolv. M.P.E .- Emplea una mezcla especial de Oligoetilenglicol y Metil Isopropil Eter con un peso molecular medio de 316. Como todo solvente físico su solubilidad característica lo hace diferente a los solventes químicos. Es excelente cuando la presión parcial del H₂S es mayor a una atmósfera.

f) Proceso Merox.- Utiliza una solución cáustica conteniendo catalizador para convertir los mercaptanos a disulfuros cáusticos insolubles. (R-S-S-R).

g) Proceso Perco.- Los mercaptanos se convierten a disulfuros usando Cloruro Cúprico impregnado con Tierra Fuller. Un contenido máximo de 0.05% de mercaptanos puede tratarse por este proceso.

Los métodos empleados para remover gas ácido y mercaptanos del G.L.P. en ésta planta son el Girbotol y el Merox respectivamente.

5.2 DESARROLLO DEL PROCESO

5.2.1 SECCION DE FRACCIONAMIENTO

Para la descripción de esta sección, se hará referencia a claves de equipo mostrado en el Diagrama de Flujo.

La Nafta proveniente de la Sección de Destilación Atmosférica se alimenta al Tanque de Balance Fa-315.

Posteriormente se envía mediante la Bomba GA-313 al Precalentador de Carga EA-302, donde se vaporiza parcialmente al aprovechar parte del calor de los fondos de la Torre Desbutanizadora DA-301, posteriormente se alimenta al plato 23 de esta torre. La columna de dos secciones, consta de 36 platos tipo válvula. Por el domo de ésta torre se obtiene una corriente de butanos y productos más ligeros, que se envía al Condensador de la Torre Desbutanizadora EA-301, donde se condensa utilizando agua como medio de enfriamiento.

La separación del condensado y vapor se lleva a cabo en el Acumulador de Reflujo de Torre Desbutanizadora FA-301, que además cuenta con una pierna para facilitar la separación de una fase acuosa, que se envía intermitentemente a la Sección de Tratamiento de Aguas Amargas. El vapor efluente del acumulador se envía al Sistema de Gas Combustible, en tanto que la fase líquida de hidrocarburos se divide en dos corrientes: una que se refluja a la torre usando la Bomba de Reflujo a Torre Desbutanizadora GA-402 y otra de G.L.P. Amargo que se envía a la Sección de Tratamiento Cáustico utilizando la Bomba de G.L.P. a Tratamiento GA-303/R.

Por el fondo de la Columna se obtiene la corriente de Nafta; una parte se envía por medio de la Bomba de Fondos de Torre Desbutanizadora GA-301 al Reher-

vidor de Torre Desbutanizadora BA-301, el cual es un calentador de fuego directo que tiene la facilidad de usar combustóleo y/o gas combustible.

El efluente del rehervidor se retorna a la torre por debajo del último plato. La otra parte de la Nafta fluye al precalentador de carga y al Enfriador de Nafta EA-303 que utiliza agua como medio de enfriamiento y finalmente se envía a la Sección de Tratamiento Cáustico de Nafta.

5.2.2 SECCION DE TRATAMIENTO CAUSTICO DE NAFTA

La Sección de Tratamiento Cáustico esta diseñada para procesar Nafta Estabilizada proveniente de los fondos de la Torre Desbutanizadora de la Sección de Fraccionamiento y además ocasionalmente procesar Nafta del Acumulador de la Torre Atmosférica de la Sección de Destilación Atmosférica.

El objetivo de esta sección de la planta es endulzar la Nafta eliminando el H₂S residual y los mercaptanos mediante un tratamiento con sosa.

El proceso consta de dos etapas: Etapa de Prelavado donde el H₂S se convierte a Sulfuro de Sodio y se extrae de la Nafta; y Etapa de Oxidación, en la cual los mercaptanos se transforman a Disulfuros Orgánicos.

Para la descripción de esta sección, se hará referencia a claves de equipo mostradas en el Diagrama de planta.

a) Prelavado.- La Nafta se mezcla con una corriente de recirculación de sosa de 9° Bé y se alimenta por el fondo al Mezclador Estático Sección Prelavado DA-302X, que es una columna empacada con elementos intercambiables de acero inoxidable de alta eficiencia de contacto y dispersión controlada, donde el H₂S reacciona para formar Sulfuro de Sodio, el cual se disuelve en la sosa. En el proceso del contacto de la solución de sosa con la Nafta también se efectúa una remoción de mercaptanos pero de grado mucho menor.

La corriente efluente del mezclador estático se envía al Separador de Prelavado FA-302X donde la Nafta se separa como fase ligera en la parte superior del recipiente para ser enviada a la etapa de oxidación y la sosa, como fase pesada, se recolecta en la parte inferior del recipiente, para ser recirculada por medio de la Bomba de Recirculación de Sosa Sección de Prelavado GA-304 a la corriente de Nafta que se alimenta al mezclador estático.

Ya que la sosa de esta Sección no se regenera, se requiere purgar una parte y reponerse en forma intermitente para mantener la concentración adecuada.

b) Oxidación .- La Nafta proveniente del prelavado se mezcla con sosa de recirculación de 25° Bé conteniendo catalizador, se le inyecta una corriente de

aire y se alimenta al Mezclador Estático Sección de Endulzamiento FA-304X, donde los mercaptanos se transforman a mercapturos y pasan a la solución de sosa. En el mezclador también se efectúa la reacción de oxidación catalítica de los mercapturos disueltos en la sosa a disulfuros. En esta reacción se regenera la sosa. Debido que los disulfuros son insolubles en la solución de sosa, tienden a separarse de la misma y a incorporarse a la corriente de hidrocarburos.

El efluente del mezclador estático pasa al Separador de Endulzamiento FA-303X, donde la sosa se extrae por el fondo y se recircula por medio de la Bomba de Recirculación de Sosa, Sección de Endulzamiento GA-306. El exceso de aire contaminado, con trazas de disulfuros se extrae y se envía al Tanque de Sello. La sosa de esta sección aún cuando se regenera, puede gastarse al reaccionar irreversiblemente con otros ácidos presentes en la corriente de carga, por lo que se tiene que restituir la alcalinidad libre purgando una porción y reponiéndose en forma intermitente.

El catalizador de oxidación es un sólido que se mantiene disperso en la solución de sosa y su reposición, para mantener la concentración adecuada, se efectúa intermitentemente a través del Tanque de Alimentación de Catalizador EA-304X.

5.2.3 SECCION DE TRATAMIENTO DE G.L.P. CON D.E.A.

Esta sección de tratamiento procesará una corriente del G.L.P. Amargo proveniente de la Sección de Fraccionamiento.

El tratamiento consiste en eliminar el H₂S hasta una concentración de 50 ppm mediante el proceso de absorción con una solución acuosa de Dietanolamina (D.E.A.) al 20% en peso.

El esquema de procedimiento incluye : Absorción, donde se lleva a cabo el endulzamiento (eliminación de H₂S) de la corriente de hidrocarburos; Regeneración, en la que se efectúa la desorción del gas ácido de la solución de D.E.A. rica y Preparación y Reposición de D.E.A.

Para la descripción de esta sección que se presenta a continuación se hace referencia a las claves de equipo mostradas en el Diagrama de Flujo.

a) Absorción.- La absorción del H₂S se lleva a cabo en el contactor del G.L.P. DA-304, que es una columna empacada con silletas intalox de polipropileno. El G.L.P. se alimenta a la torre por el fondo del lecho, en tanto que la solución de D.E.A. pobre conteniendo 0.10 moles de H₂S/mol de D.E.A. se alimenta por la parte superior del mismo, efectuando un contacto a contracorriente llevándose a cabo la eliminación de H₂S.

La solución de D.E.A. rica con 0.36 moles de H₂S/mol

de D.E.A. se extrae por el fondo de la torre y se envía al Acumulador de D.E.A. Rica FA-305; mientras que en la parte superior de la torre se mantiene la interfase líquido-líquido para extraer por el domo el G.L.P. Dulce y enviarlo al Acumulador G.L.P. FA-306, el cual tienen por objeto recuperar la solución de D.E.A. arrastrada.

El G.L.P. Dulce efluente de este tanque se envía a la Sección de Tratamiento Cáustico, mientras que la D.E.A. recuperada se envía también al Acumulador de D.E.A. Rica FA-305 donde se liberan por desorción pequeñas cantidades de hidrocarburos y H₂S que se envían a desfogue. Además este tanque está provisto de una mampara que sirve para separar una fase aceitosa que se envía también a desfogue.

b) Regeneración.- La solución de D.E.A. proveniente del tanque FA-305 pasa a través del Filtro de D.E.A. Rica FG-301 de tipo canasta, donde se eliminan partículas formadas por corrosión, se calienta en el Intercambiador D.E.A. Rica/ D.E.A. Pobre EA-305 y se envía a la torre regeneradora.

La Torre regeneradora de D.E.A. DA-305 consta de 23 platos tipo válvula, con la alimentación de D.E.A. rica en el plato 4. El calor necesario para la desorción del gas ácido se suministra en el Reservidor de Torre Regeneradora EA-307.

A la corriente de domos se le inyecta un inhibidor

de corrosión antes de pasar al Condensador de Torre Regeneradora EA-306 donde se enfría con agua. La mezcla líquido-vapor resultante se separa en el Acumulador de Reflujo de la Torre Regeneradora FA-307, la fase líquida es agua que se utiliza como reflujo a la torre y la fase gaseosa es H₂S y agua que se envía a una planta de azufre. Este tanque está provisto de una salida de hidrocarburos ligeros hacia el Tanque de Purga FA-313.

La D.E.A. pobre que constituye los fondos de la torre se enfría en el Intercambiador D.E.A. Rica/D.E.A. Pobre EA-305 y por medio de la Bomba de D.E.A. Pobre GA-307, pasa al Enfriador EA-304. Después de este último enfriamiento, el 20% en volumen de la solución se filtra en el Filtro de D.E.A. Pobre FG-310, de carbón activado, con el propósito de eliminar cualquier compuesto producto de la degradación de la amina, o bien materia orgánica que pudiera causar espumación en el contactor o regenerador. La solución efluente del filtro se une a la solución sin filtrar para enviarse al contactor de G.L.P. a esta solución de D.E.A. se le inyecta un antiespumante.

c) Preparación y Reposición de D.E.A. .- La preparación de la solución de D.E.A. se efectúa en la Fosa de D.E.A. FE-301, por medio de la Bomba de Reposición de D.E.A. GA-309, se envía al Tanque de

Alimentación de D.E.A. FB-301, que está provisto de un colchón de kerosene que evita la oxidación de la D.E.A. La misma Bomba GA-309 se utiliza para alimentar la solución de D.E.A. al circuito de absorción-regeneración.

5.2.4 SECCION DE TRATAMIENTO CAUSTICO DEL G.L.P.

La Sección de Tratamiento Cáustico de G.L.P. está diseñada para procesar G.L.P. proveniente de la Sección de Tratamiento de G.L.P. con D.E.A.

El objeto de esta sección es eliminar el H₂S remanente y mercaptanos de G.L.P. mediante tratamiento con sosa, en tal forma que el producto dulce cumpla con la especificación de la prueba de tira de cobre y la de azufre total.

La sección incluye : Prelavado, donde se lleva a cabo la extracción total del H₂S de la corriente de Carga; Extracción, donde se lleva a cabo la conversión y extracción de los mercaptanos en forma de mercapturos y Regeneración de Sosa, donde se convierten y extraen los mercapturos en forma de disulfuros orgánicos y se regenera la sosa.

Para la descripción de esta sección que se presenta a continuación , se hace referencia a las claves de equipo mostradas en el Diagrama de Flujo.

a) Prelavado.- La corriente de G.L.P. proveniente de la Sección de Tratamiento con D.E.A., se mezcla con sosa de recirculación de 6° Bé para alimentarse

al Mezclador Estático Sección Prelavado DA-306X, que es una columna empacada con elementos intercambiables de acero inoxidable de alta eficiencia de contacto y dispersión controlada donde se elimina totalmente el H₂S mediante reacción química con la sosa. Una pequeña fracción de mercaptanos se remueve también en esta sección.

La corriente efluente del mezclador estático se envía al Tanque Separador de Prelavado FA-308X, donde la sosa, como fase pesada, sale por el fondo del tanque para recircularse por medio de la Bomba de Sosa Cáustica GA-310 a la corriente de G.L.P. que se alimenta al mezclador estático el G.L.P. se separa como fase ligera en la parte superior del tanque y se envía a la sección de extracción.

Ya que la sosa de esta sección no se regenera, se requiere purgar una parte y reponerse en forma intermitente para mantener la concentración adecuada.

b) Extracción.- El G.L.P. proveniente del prelavado se mezcla con sosa de recirculación de 25° Bé proveniente de la segunda etapa de extracción y se alimenta al Mezclador Estático Primera Etapa de Extracción DA-307X, donde por reacción química se transforma la mayor parte de los mercaptanos a mercapturos.

El efluente del mezclador estático pasa al Tanque

Separador Primera Etapa de Extracción FA-309X, donde la fase pesada se envía a la sección de regeneración de sosa y el G.L.P., que se separa como fase ligera, se mezcla con sosa regenerada de recirculación de 25° Bé proveniente del enfriador de sosa y se alimenta al Mezclador Estático Segunda Etapa de Extracción DA-308X, donde se transforman los mercaptanos remanentes en la corriente de G.L.P. de la primera etapa de extracción.

El efluente del mezclador estático pasa al Tanque Separador Segunda Etapa de Extracción FA-314X, donde la sosa se extrae por el fondo y se recircula, por medio de la Bomba de Sosa a Primera Etapa de Extracción GA-312, a la corriente de G.L.P. que se alimenta al mezclador estático de la primera etapa de extracción.

c) Regeneración de Sosa.— La sosa gastada efluente del Tanque Separador Primera Etapa de Extracción FA-309X pasa a través del Calentador de Sosa EA-308X, donde se le eleva a la temperatura con vapor de calentamiento de baja presión. Esta corriente se mezcla con aire antes de alimentarse al fondo de la Torre de Oxidación DA-309X, empacada con anillos rashing de carbón, donde se efectúa la conversión catalítica de los mercapturos a disulfuros orgánicos, en presencia de un catalizador que está disuelto en la sosa en concentraciones que van de 200 a

300 ppm.

Por el domo de la torre se obtiene una mezcla de aire, solución de sosa y disulfuros que pasa al Separador de Disulfuros/Sosa FA-311X. Este separador cuenta con una columna integrada empacada con anillos rashing de acero inoxidable que sirve para separar el exceso de aire y enviarlo al Tanque de Sello HB-393; la separación de los líquidos se promueve en un coalescedor de acero inoxidable, obteniéndose los disulfuros orgánicos como fase ligera para enviarlos a L.B. y sosa regenerada que se envía, por medio de la Bomba de Sosa Regenerada GA-311, al Enfriador de Sosa EA-309X y de aquí la sosa enfriada se recircula a la segunda etapa de extracción.

La solución de sosa cáustica, aun cuando se puede regenerar en lo que corresponde a la reacción de los mercaptanos, sufre un agotamiento progresivo a causa de reacciones irreversibles pequeñas cantidades de ácidos débiles contenidos en el tanque de abastecimiento, se tiene una purga intermitente de sosa gastada en oposición con sosa fresca para mantener la alcalinidad libre deseada.

- La localización de los equipos, y la disposición de planta se apreciarán en los siguientes diagramas:

SECCION DE FRACCIONAMIENTO

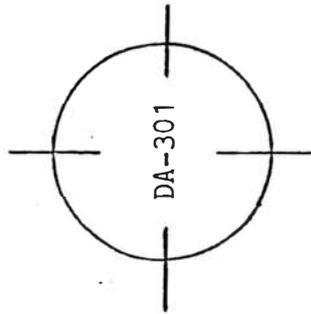
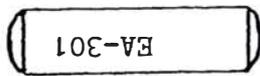
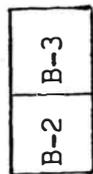
A) EQUIPOS :

- (FA-315) Tanque de Balance
- (EA-302) Precalentador de carga
- (DA-301) Torre desbutanizadora (T.D.)
- (EA-301) Condensador de la torre desbutanizadora
- (FA-301) Acumulador de reflujo de la T.D.
- (BA-301) Rehervidor de la torre desbutanizadora
- (EA-303) Enfriador de NAFTA

B) BOMBAS :

- B-1 Bomba de G.L.P.
- B-2 Bomba de G.L.P.
- B-3 Bomba de reflujo
- B-4 Bomba de fondos

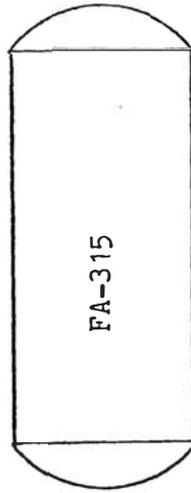
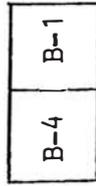
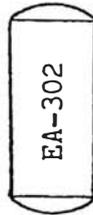
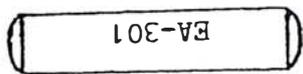
SECCION DE FRACCIONAMIENTO



EA-301



EA-303



SECCION DE TRATAMIENTO CAUSTICO DE NAFTA

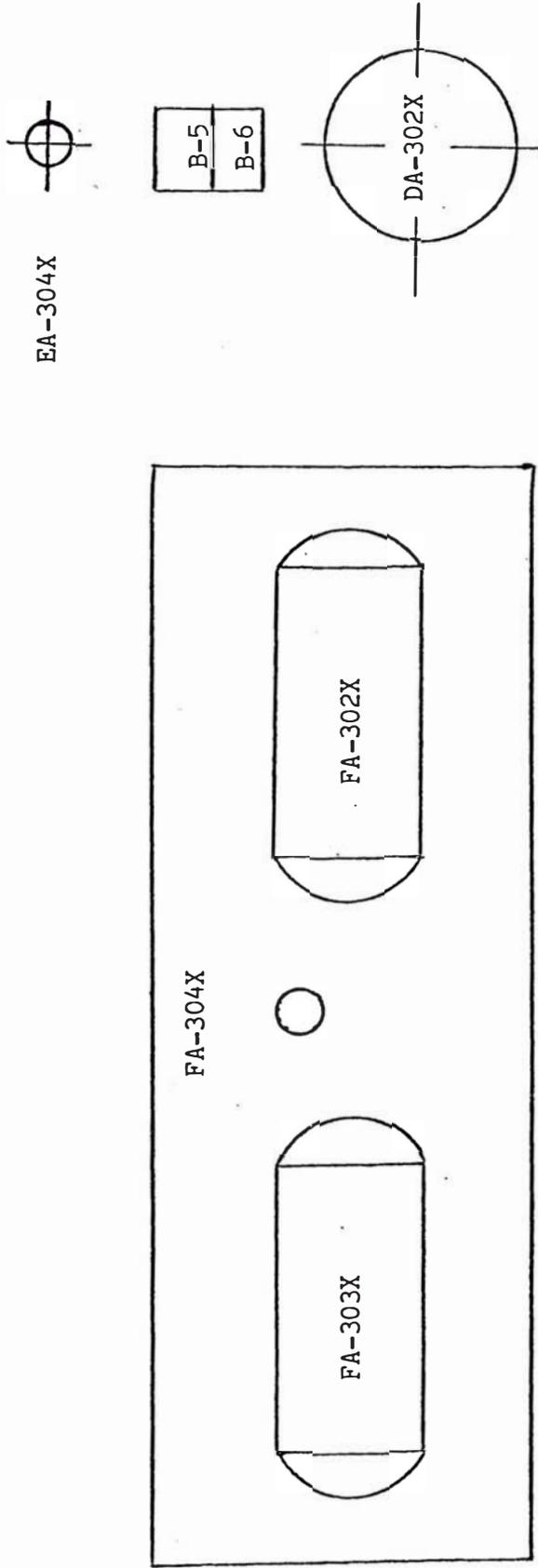
A) EQUIPOS :

- (DA-302X) Mezclador estático
- (FA-302X) Separador de prelavado
- (FA-304X) Mezclador estático de endulzamiento
- (FA-303X) Separador de endulzamiento
- (EA-304X) Tanque de alimentación de catalizador

B) BOMBAS :

- B-5 Bomba de recirculación
- B-6 Bomba de recirculación

SECCION DE TRATAMIENTO CAUSTICO DE NAFTA



SECCION DE TRATAMIENTO DE G.L.P. CON D.E.A

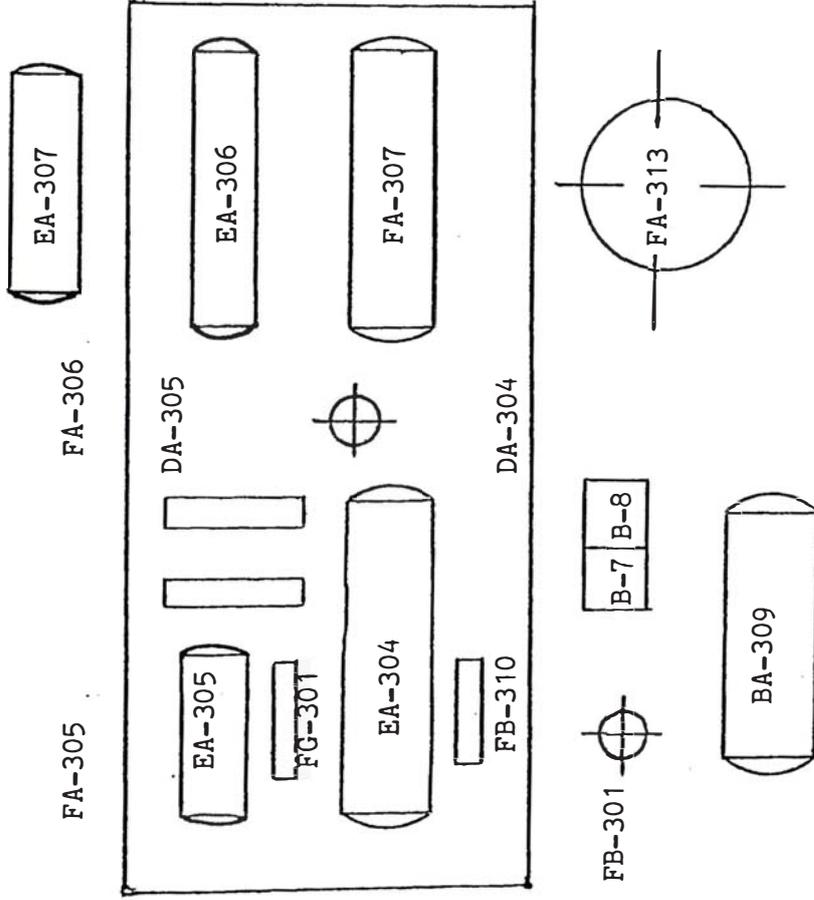
A) EQUIPOS :

- (DA-304) Contactor de G.L.P.
- (FA-305) Acumulador de D.E.A.
- (FA-306) Acumulador de G.L.P.
- (FG-301) Filtro de D.E.A.
- (EA-305) Intercambiador de D.E.A.
- (EA-304) Enfriador
- (FG-310) Filtro de D.E.A. Pobre
- (DA-305) Torre Regeneradora
- (EA-306) Condensador de la Torre Regeneradora
- (FA-307) Acumulador de la Torre Regeneradora
- (FA-313) Tanque de Purga
- (FE-301) Fosa de D.E.A
- (FB-301) Tanque de Alimentación de D.E.A.

B) BOMBAS :

- B-7 Bomba de D.E.A.
- B-8 Bomba de Reposición

SECCION DE TRATAMIENTO DE "LPG" CON "DEA"



SECCION DE TRATAMIENTO CAUSTICO DE G.L.P

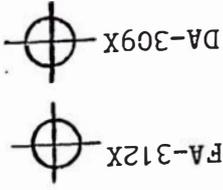
A) EQUIPOS :

- (DA-306X) Mezclador estático
- (FA-308X) Tanque separador Prelavado
- (DA-307X) Mezcaldor estático de extracción (Primera Etapa)
- (FA-309X) Tanque separador de extracción (Primera Etapa)
- (DA-308X) Mezclador estático de extracción (Segunda Etapa)
- (EA-308X) Calentador de sosa
- (DA-309X) Torre de oxidación
- (FA-314X) Tanque separador de extracción
- (FA-312X) Tanque de alimentación de catalizador
- (EA-311X) Separador de disulfuros/sosa
- (HB-393) Tanque de sello
- (EA-309X) Enfriador de sosa

B) BOMBAS :

- B-9 Bomba de sosa
- B-10 Bomba de sosa
- B-11 Bomba de sosa

SECCION DE TRATAMIENTO CAUSTICO DE "LPG"



EA-308X

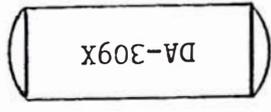
FA-311X



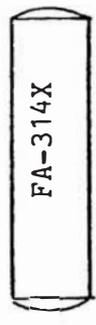
B-11

EA-309X

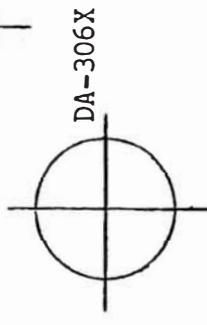
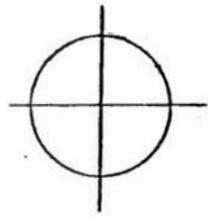
B-10



B-9



DA-308X



CAPITULO VI :

INGENIERIA DEL DETALLE DE PLANTA

6.1 LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO

Los antecedentes de seguridad de una planta dependen en gran medida de la disposición del equipo de proceso, por lo tanto, es necesario considerar este aspecto desde las primeras etapas del proyecto para construir una planta.

Los equipos deben colocarse en la forma más adecuada posible, no sólo para tener una operación más eficiente y un mejor mantenimiento, sino por razones de seguridad porque al existir la separación correcta entre ellos, es posible evitar la propagación de los incendios y explosiones.

El plano de localización general de equipo es uno de los primeros que se realiza durante la etapa de Ingeniería Básica y en él se define las zonas de proceso de una planta química, petroquímica u otro tipo; también quedan localizados, identificados e integrados todos los equipos de acuerdo con la secuencia del proceso.

La localización del equipo se hace por medio de coordenadas, tomando en cuenta las consideraciones de ruta de materiales, flexibilidad, operación, mantenimiento, seguridad y vientos dominantes.

El arreglo que se elige depende de la complejidad de la planta, de las dimensiones del terreno y de la economía del sistema de tuberías, que representan los mayores costos fijos de una instalación de pro-

ceso pudiendo ser dos tipos I, L, T ó U.

Las soportería tipo I se utiliza en plantas industriales pequeñas donde las materias primas servicios auxiliares entran por un lado y los productos salen por el lado opuesto.

La soportería tipo L tiene las mismas características anteriores, pero los productos salen por un lado perpendicular a la entrada.

La soportería tipo T se emplean donde las materias primas, servicios auxiliares y productos entran salen de L. B. por diferentes lados.

La soportería tipo U se utiliza cuando se requiere un tipo de carga y descarga de materiales por un mismo lado.

Otro tipo de arreglos resulta de la combinación de los anteriores.

El arreglo elegido en la planta en cuestión es del tipo T, de acuerdo a las secciones en que se encuentran divididas y por que de esta manera se cumple con lo estipulado anteriormente para brindar la mayor seguridad posible. La dirección de los vientos dominantes fué fundamental para la ubicación correcta de los equipos en función de la posición del calentador de fuego directo y de la columna de fraccionamiento.

6.2 CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS

Con el fin de establecer medidas de seguridad y las características que deben cumplir las instalaciones y equipos eléctricos en las áreas y locales peligrosos, estos se han dividido en

6.2.1 LUGARES CLASE I

Son en los que se encuentran o pueden encontrarse en el aire una cantidad suficiente de gases o vapores de líquidos inflamables que producirán mezclas inflamables o explosivas.

6.2.2 LUGARES CLASE II

Son en los que se encuentran presentes polvos combustibles o eléctricamente conductores.

6.2.3 LUGARES CLASE III

Son los que se encuentran presentes fibras o peluzas fácilmente inflamables.

La planta sobre la que se trata en presente trabajo está dentro de los lugares clase I, la cual comprende dos divisiones que corresponden a las frecuencias, permanencia y grados de las condiciones de peligro que se definen de la siguiente manera:

a) División 1 . Que corresponde los lugares donde existe continua, intermitente o periódicamente en condiciones normales de operación o a causa de escapes, concentraciones peligrosas de gases o va-

pores de líquidos inflamables; o en donde la operación inadecuada del equipo o la interrupción de alguna etapa del proceso puede provocar la liberación de concentraciones peligrosas de los mismos.

b) División 2 .- Que corresponde a los lugares donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases o vapores líquidos inflamables que están normalmente confinados en recipientes cerrados pero de los cuales pueden escapar en caso de ruptura, la avería accidental o de funcionamiento anormal de los equipos, donde una ventilación positiva impida la concentración de gases o vapores de líquidos inflamables, pero que por falta de funcionamiento anormal del equipo de ventilación puedan convertirse en peligros; o lugares contiguos a los de clase I, división 1 y a los que puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores de líquidos inflamables, á menos que se evite por medio de un sistema de ventilación positiva.

Se entiende por ventilación positiva la proporcionada por equipos y dispositivos de inyección y extracción que renuevan con aire limpio la atmósfera de un lugar considerado peligroso.

La extensión de las clases peligrosas clase I, División 1 en zonas de proceso será de 1.5 m en todas direcciones medidos desde la superficie exterior de venteos, purgas y drenes de cada equipo. Estas a su

vez se encontraran rodeadas por áreas de la clase I, división 2 que tendrán como mínimo una extensión 3 m. en todas direcciones para garantizar la dilución hasta concentraciones no peligrosas de los gases o vapores de líquidos inflamables.

Para fines de prueba y aprobación del equipo eléctrico adecuado para atmósferas con gases vapores de líquidos inflamables es necesario conocer las características peligrosas de estas sustancias como son: grupo de atmósfera peligrosa a las que pertenecen, temperatura de evaporación, temperatura de ignición, límites inflamables, densidad relativa con respecto al aire.

Por lo tanto, el equipo eléctrico elegir será del tipo a prueba de explosión, sellado para evitar la introducción de los gases o vapores de líquidos inflamables y su superficie no debe alcanzar la temperatura de ignición de los mismos.

6.3 DISTRIBUCION DE EQUIPOS

La protección contra incendio por medio de agua a presión para una planta química o petroquímica consiste principalmente de hidrantes con gabinete para manguera, monitores y sistemas fijos de aspersión, instalados en lugares estratégicos desde donde se les pueda hacer frente estos siniestros.

Para la elaboración del plano del sistema de agua

contra incendio, se requieren del plano de localización general de equipo para establecer el derecho de vía correspondiente a las tuberías de dicho sistema. También se debe tomar en cuenta el plano de clasificación de áreas peligrosas, con el fin de decidir la ubicación correcta de hidrantes y monitores, así como para decidir que equipos requieren de protección por medio de circuitos automáticos de rociadores.

Los sistemas fijos de aspersión sirven para proteger aquellos equipos que pueden presentar riesgo de ignición espontánea y que requieren de una aplicación inmediata de agua.

Los monitores son dispositivos que pueden descargar grandes cantidades de agua, que pueden dirigirse en diferentes direcciones desde una distancia tal como no pone en peligro la vida del personal que las opera. Su localización debe ser adecuada para que su radio de acción abarque la mayor área posible ocupada por equipo de proceso o la que presente gran riesgo.

Los hidrantes cumplen la función de apoyar a los sistemas de aspersión y monitores, ya que con las mangueras se pueden realizar un acercamiento a la zona de incendio con la finalidad de empujar las llamas hacia atrás mientras se llevan a cabo ciertas

maniobras como cerrar unas válvulas, hacer una conexión, barrer las llamas hacia un lugar donde no causen mucho daño, dispersar concentraciones de gas combustible para evitar que se formen mezclas explosivas y proteger al personal contra el calor radiante. Como se puede observar en el plano correspondiente los equipos considerados de alto riesgo, debido los materiales que manejan y que requieren de protección por medio del sistema fijo de asperación son en su mayoría los tanques que contienen Nafta cruda, Nafta estabilizada y G.L.P..

El alcance de los monitores que se muestran en el plano, es suficiente para proteger la mayor cantidad del equipo instalado en el área comprendida dentro de su radio de acción. Un monitor de las características requeridas, puede tener un alcance efectivo desde los 29 m. en forma de niebla fina, hasta los 73 m. en forma de chorro compacto; el que se ha trazado sobre el plano correspondiente mínimo.

6.3.1 HIDRANTE

Es un dispositivo para salida de agua, integrado a la red de agua contra incendio, serán del tipo convencional con dos tomas para mangueras, se podrán fabricar con tubos de 4 pulg. de diámetro como mínimo conectado a la línea de agua directamente.

- Los hidrantes deben ser diseñadas para que por cada toma proporcione los siguientes consumos :

Diámetro Nominal	Consumos	
	(Lps)	(GPM)
1 1/2 " (38 mm)	6	100
2 1/2 " (63 mm)	16	250

- Las pérdidas por hidrante no deberán ser mayores de 0.14 kg./cm² (2 lb/cm²) al estar operando con su gasto máximo.
- El diámetro mínimo que se deberá usar para las redes de agua C.I. es de 6 pulg. aunque se trate de ramales que abastezcan un sólo hidrante.
- El diámetro de la tubería deberá aumentarse progresivamente a medida que los ramales abastezca mayor números de hidrantes conforme se aproximen a las bombas de alimentación de la red.
- Los ramales ciegos sólo pueden alimentar un hidrante. Si su longitud es mayor de 150 m. serán de tubo por lo menos de 8 pulg. de diámetro.
- Los anillos que contengan 2 hidrantes serán de tubo de 8 pulg. por lo menos si su longitud es de más de 500 m.
- Los anillos que contengan tres hidrantes serán de por lo menos de tubos de 8 pulg. cuando su longitud sea mayor de 300 m.
- Los anillos que contengan 4 o más hidrantes serán por lo menos de tubo de 8 pulg. de diámetro.

- Los anillos que contengan 8 o más hidrantes serán de tubo de 10 pulg. de diámetro.
- Ningún anillo contendrá más de 12 hidrantes.

6.3.2 MONITOR

Se dá el nombre de monitor o torrecilla a un dispositivo con boquilla, de preferencia regulable, para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina, con mecanismos que permitan girar la posición de la boquilla 120° en el plano vertical y de 360° en el plano horizontal, además de mantenerla estable en la dirección deseada. La distribución de los monitores en el sistema se colocarán de acuerdo al alcance que tengan con chorro y neblina, dispositivos, forma y riesgo inherentes del equipo a proteger.

- Se instalarán a una altura mínima de 2 m. sobre una plataforma para ampliar el área protegida, la válvula de bloqueo debe quedar a una altura tal que facilite su operación.
- Los monitores deben diseñarse para que cada uno proporcione el gasto requerido de acuerdo a la tabla siguiente:

PROCESOS	CONSUMOS	
	Lps.	GPM
De refinación	31	500
De petroquímica	63	1,000

- Se utilizarán boquillas de niebla de 1 1/2 " ó 2 1/2 " con las que se puede regular desde chorro hasta niebla fina.

Las boquillas de los monitores deben formar chorro compacto de agua o niebla regulable, sometiéndose a revisión cada tres meses para comprobar su buen funcionamiento, la cual se ampliará a los mecanismos de movimiento horizontal o vertical.

- La línea de alimentación se conectará, a la red de contra incendio mediante un codo de 90° , de 4" , y será de este diámetro hasta el monitor.

6.3.3 TUBERIA

Conjunto de líneas de tuberías formando anillos o circuitos cerrados.

- Toda la tubería contra incendio que se tienda en la superficie (que es nuestro caso) deberá pintarse con pintura anticorrosiva y con pintura de aluminio y de color rojo.

- Para seleccionar la tubería se deberán considerar como mínimo las siguientes condiciones: capacidad, máxima presión de trabajo, condiciones del medio y del terreno, cargas externas y calidad del agua.

- La presión mínima en las tomas deben ser la necesaria para la operación de aparatos y dispositivos necesarios para cubrir los riesgos a proteger en cada caso particular, pero nunca menor de 7 kg./cm² manométricas (100 lb./pulg.²) en las condiciones más

desfavorables y al 100% de la capacidad del sistema.
- La velocidad razonable del agua para la selección del diámetro de la tubería es entre 1.2 a 2.4 m/seg. (4 a 8 pies/seg.).

6.3.4 MANGUERAS

Las mangueras para conectarse a los hidrantes deberán ser de 1 1/2" y 2 1/2" (nuestro caso) con chorro interior de hule natural y/o sintético y cubierta de algodón o de fibra sintética.

Los gastos para cada manguera de contra incendio de 2 1/2" que es utilizado en nuestro diseño, será de aproximadamente de 250 GPM (16 Lps.) a 100 lb./pulg.².

6.3.5 VALVULAS

En ningún lugar del sistema para agua C.I. deberán instalarse válvulas de globo, ya que provocan una caída excesiva de presión se recomienda el uso de válvulas de compuerta y vástago ascendente localizadas a la interperie (nuestro caso).

Todas las válvulas de seccionamiento deberán tener claramente marcada la sección o porción de la red contra incendio que ponga fuera de servicio.

6.3.6 CISTERNA

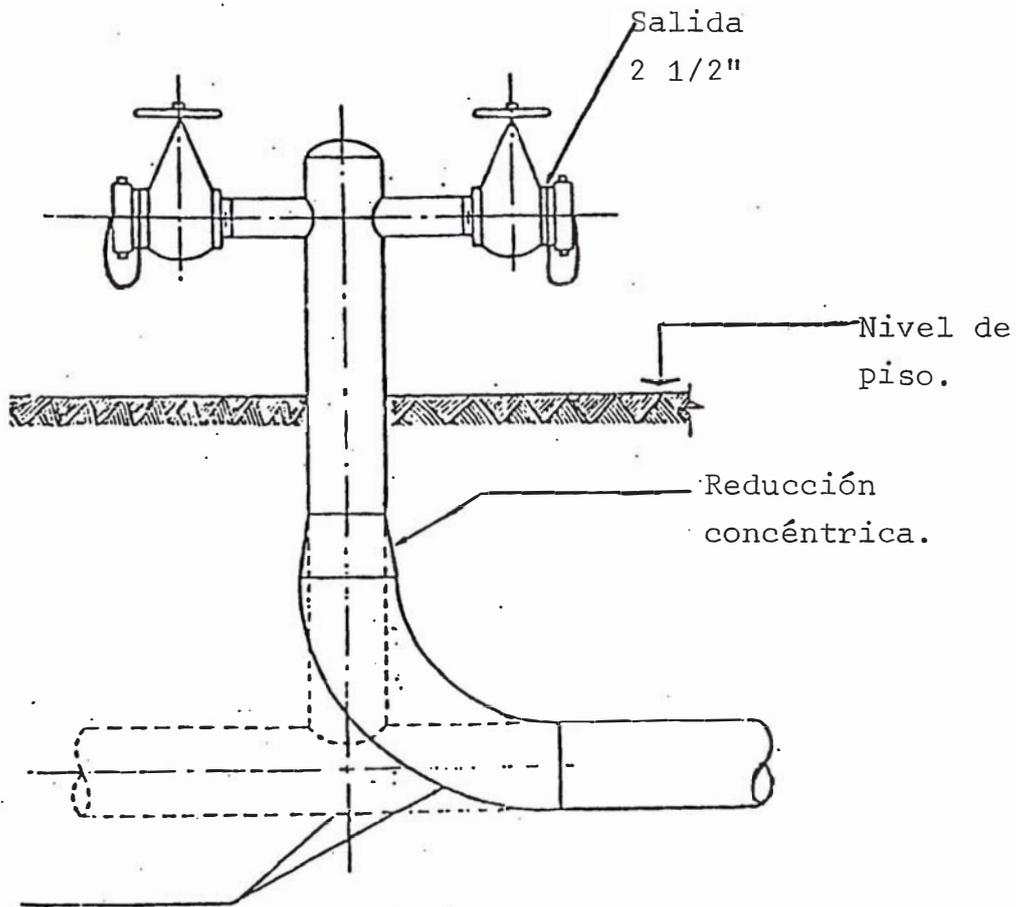
Recipiente estructural de concreto, construido bajo el nivel del piso terminado, su función principal es almacenar agua que va a emplearse en el sistema C.I.

Unidades de Riesgo de Incendio Clase "B" (URI-B)

Clasificación del riesgo	Lugar a proteger	Sup. equiv. a una unidad de riesgo B	Factor
Incipiente	Area de estacionamiento y oficinas.	50 m ²	0.02
Leve	Plantas de fuerza, torre de enfriamiento, servicios auxiliares, laboratorios, talleres, llenado y descargaderas de autotanques con líquidos combustibles.	10 m ²	0.10
Moderado	Llenado de tambores, llenado y descargaderas de autotanques, ambos con gases y líquidos inflamables.	5 m ²	0.20
Grave	Areas de purga y muestreo, areas donde se procesan gases o líquidos a una temperatura superior a su punto de inflamación y equipo de proceso.	3.3 m ²	0.30

HIDRANTE

(TIPICO)



Instalación para
alimentación.

BOQUILLA ELKHART
'CJ-B" DE 2 1/2" φ
DE 500 GPM.

TORRECILLA ELKHART Nº 294-1
BRIDA 4" φ, 150 # FF

PLATAFORMA

VALVULA DE COMPUERTA
BRIDA DE 4" φ, 125 # FF

RED. CONC. 6" x 4"

VALVULA DE COMPUERTA
EXTREMOS ROSCADOS
(UNO MACHO NSHT Y EL OTRO
HEMBRA NPT) DE 2 1/2" φ

SELLADOR CON FLEXTOL AF
RESISTOL CT-1358 ó SIMILAR

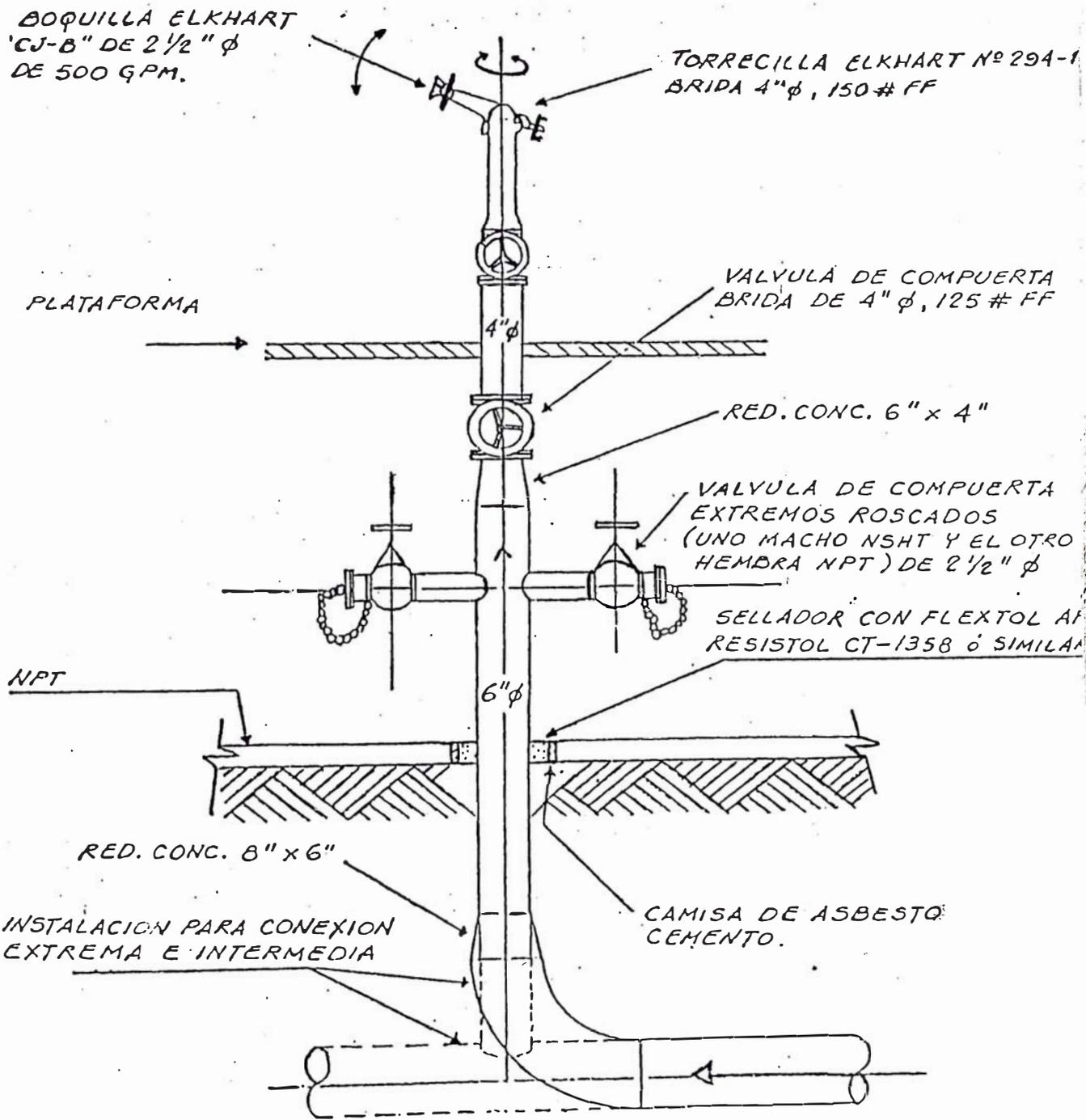
NPT

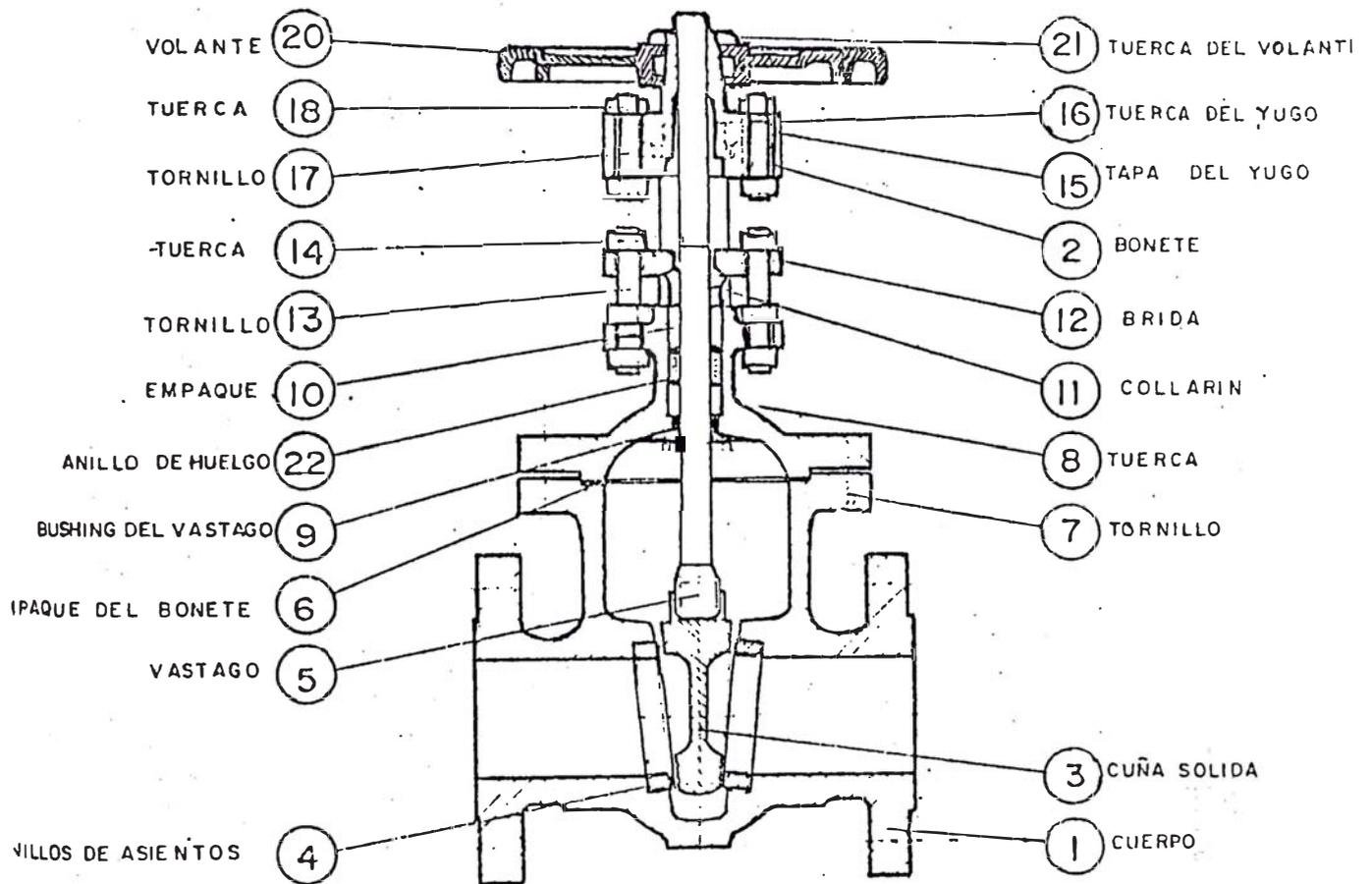
RED. CONC. 8" x 6"

INSTALACION PARA CONEXION
EXTREMA E INTERMEDIA

CAMISA DE ASBESTO
CEMENTO.

DETALLE DE HIDRANTE Y MONITOR

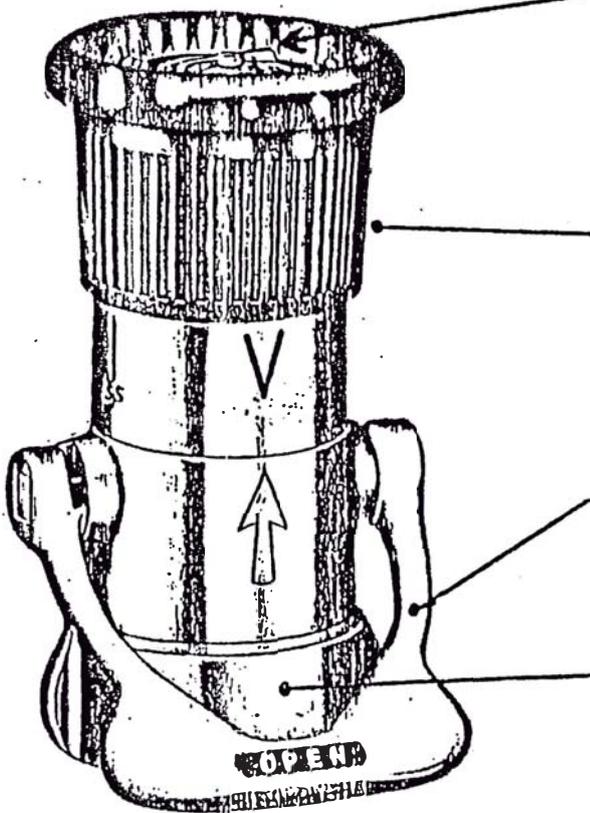




VALVULA DE COMPUERTA

PITON DE COMBINACION

2 1/2" ϕ



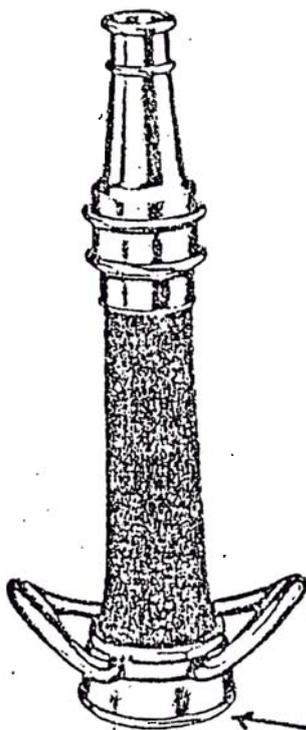
TURBINA
DENTADA

CONTROL DE
NEBLINA

VALVULA DE
CORTE

EMBONE
GIRATORIO

DESCARGA: 250 GPM



PITON DE
CHORRO
COMPACTO
(AGUA)

ASA GIRATORIA

2 1/2 Ø

CAPITULO VII :

DISEÑO DEL SISTEMA

7.1 BASES PARA EL DIMENSIONAMIENTO

El proyecto de nuestra instalación contra incendio, el dato fundamental es el incendio que queremos apagar, que está en función a las áreas de mayor riesgo y que iremos a proteger, además del dimensionamiento con elementos capaces de extinguir el fuego en forma rápida y racional.

En la técnica de la extinción de incendios, esto es fundamental porque cuando llega el momento del siniestro, es muy difícil corregir o aumentar en el momento, es por esto que se hace necesario desde el primer instante de contar con todo lo necesario y la cantidad suficiente. Si el dimensionamiento previo no ha sido bien hecho, no servirán de nada los equipos por muy buenos que estos sean, y llegado el caso no guardará otro camino que pedir ayuda auxiliar.

Según estadísticas de incendios, aparecen siempre como causa predominante la escases de elementos extintos, porque si este se acaba antes de sofocar el fuego, este volvera a hacerse dueño de la situación por muy disminuído que se encuentre.

Es necesario tener en cuenta que si un aparato apago con todo éxito un fuego de magnitud "x" no significa que un fuego de magnitud "3x" pueda apagarse con tres aparatos.

En la práctica los incendios no siguen una ley

lineal, sino mas bien una ley hiperbólica, esto se debe que al crecer la magnitud del incendio, además de crecer el caudal del elemento extintos, crece también la distancia mínima a que puede llegar el operador y el peligro de propagación. Cuanto mayor es el incendio, no sólo se necesita más equipos, sino también hay que conectar la potencia en menor número de unidades de ataque.

La base para el dimensionamiento la hemos sub-dividido :

- a) Criterios de diseño ,
- b) Criterios de cálculo y
- c) Métodos de cálculo.

Estos criterios han sido tomados de experiencias similares en la distribución de redes de agua contra incendio, de industrias similares, así también del sustento técnico y normativo de códigos y normas que rigen todo diseño, además de su adaptabilidad a la realidad en nuestro país, según el código nacional de construcción. A todo esto le añadimos la experiencia en este campo que hemos desarrollado en la protección contra incendio.

7.1.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Las condiciones básicas que se deben tomar en cuenta para lograr un buen diseño de la red contra incendio son las siguientes:

- a) Consumo de agua
- b) Presión de agua en la salida de los equipos
- c) Tiempo que debe mantenerse en suministro
- d) Fuente de abastecimiento
- e) Otros

Estas condiciones se determinarán de acuerdo con la dimensiones de las instalaciones y riesgos a proteger.

Para el diseño se tomarán en cuenta los siguientes aspectos generales:

a) Una fuente de abastecimiento, con un volumen de agua para satisfacer la demanda. Esta puede ser primaria o secundaria.

Si la red esta situada cerca de ríos, mar, lagos u otros, se considerará a estos como fuentes primaria, y una cisterna y/o tanque **elevado** como fuente secundaria.

b) Un equipo de bombeo, que proporcionará el agua en **cantidad** y **presión** necesaria de acuerdo con las necesidades y riesgos a proteger.

La estación de bombeo contará por lo menos con tres bombas; dos que funcionan alternadamente y accionadas por electricidad, y la tercera accionada por cualquier otro medio.

c) Una red de tuberías intercomunicada, de forma tal que forme circuitos cerrados y que cuente con las salidas para los equipos.

En aquellas zonas donde el clima pueda ocasionar la congelación del agua en las tuberías, esta deberá ser enterrada bajo suelo; en caso contrario puede ser instalado sobre la superficie, (como es nuestro caso) debiendo estas tuberías estar cubiertas con pintura anti-corrosiva.

d) Localización y topografía del terreno, donde se instalará la red de tuberías y ubicará las fuentes de abastecimiento de agua.

Para nuestro caso, al tratarse de un terreno plano, se usará un pozo artesiano como fuente primaria, y un tanque elevado como fuente secundaria.

e) De preferencia el agua a utilizarse no deberá emplearse para otras líneas que no sean las de la red de agua contra incendio.

f) La técnica de extinción, es la de cubrir la superficie a proteger, y será esta por lo tanto quién determinará el requerimiento de agua y equipos a utilizar.

Las superficies esféricas u horizontales (nuestro caso) debajo del ecuador de estos recipientes, no son susceptibles de escurrimiento y por lo tanto no serán tomados en cuenta para fines de cálculo.

7.1.2 CRITERIOS DE CALCULO

Los criterios tomados en cuenta para nuestro diseño son :

a) Presión de operación.- La presión de descarga en las tomas y equipos, no deberán menos de 100 psi (lb./pulg.²) incluyendo hidrantes y monitores en las condiciones más desfavorables y al 100% de su capacidad de funcionamiento.

En nuestro diseño usaremos rociadores 1H7 del Sporing System, con una presión mínima de funcionamiento de 80 psi.

La caída de presión en los hidrantes y/o monitores no deben exceder de 2 psi., al estar trabajando con su gasto máximo.

La pérdida de carga por accesorios, se considerará como el 20% de longitud total de tubería instalada.

b) Velocidad de agua.- La velocidad de agua para la selección de diámetros de tubería será de 6 a 12 pies/seg. (1.83 a 3.6 m/seg.), para nuestro diseño se tomó como promedio una velocidad de 9 pies/seg. (2.7 m/seg.).

c) El gasto total de agua sugerida, tomará en base a la norma NFPA-15, que emplea una densidad de agua para la protección contra incendios en superficies de 0.25 GPM/pies² (10 lt/min./m²).

d) El volumen de almacenamiento de agua en los recipientes de abastecimiento, deberán contener la cantidad necesaria de agua de acuerdo al diseño, y para un tiempo de servicio no menor de 5 horas.

e) La distancia vertical máxima entre el rociador y el recipiente a proteger será de 4 m. esto, para evitar arrastres por el viento.

La distancia entre rociadores no podrá ser mayor a 12 pies (3.5 mt).

f) Para la ubicación de tanques horizontales (tipo salchichas), la distancia entre ellos será de tres cuartos de la suma de sus diámetros $\frac{3}{4}(d_1 + d_2)$ como mínimo.

g) Muros de contención (diques). La capacidad volumétrica del dique, será la necesaria para contener el 150% de la capacidad del elemento contenido en el equipo.

7.1.3 METODOS DE CALCULO

Los métodos de cálculo a utilizar, para nuestros dimensionamientos son tomados de la hidráulica y estos son:

a) Método por ecuaciones de Hazen y Williams .- Este método de tipo iterativo y sus pasos más importantes son (entre otros):

1.- Se calcula el gasto requerido en los dispositivos ubicados en la posición más desfavorable luego se prosigue con los demás en forma sucesiva, se propone tomar un 20% de exceso para absorber fugas y pérdidas por accesorios.

2.- Se supone un diámetro de tubería.

3.- Se calcula una pérdida de carga, mediante la ecuación:

$$h_f = (S) \frac{(L)}{t}$$

4.- Se calcula la velocidad dentro del rango permitido, por medio de la ecuación:

$$V = 0.408 \frac{Q}{(\emptyset)^2} \text{ , o para otros casos : } V = \frac{Q}{A}$$

5.- Si la velocidad no está dentro del rango primitivo se supone un nuevo diámetro, y se calcula una nueva pérdida de carga. El método termina cuando cumple esta condición.

6.- La ecuación H y W que calcula el gasto es:

$$Q = 0.000426 (C) (\emptyset)^{2.63} (S)^{0.54}$$

Q -- lps

\emptyset -- pulg.

S -- m/km.

"C" , es el coeficiente de H y W , y depende del material y los años de uso de la tubería, como se indica en el anexo.

7.- Este método además de otros acondicionamientos los usaremos, para el cálculo del sistema de rociadores, así también debemos tener sumo cuidado con el uso de unidades ya que las fórmulas trabajan con unidades específicas para esto adjuntamos una tabla

de conversión de unidades(ver anexo)

b) Método de Hardy Cross .- Para los cálculos en la red principal, por tratarse este de un anillo cerrado, hemos seleccionado el método por Hardy Cross. Para nuestro caso nuestra red estará constituida por una malla.

Se deberá tener en el gasto total (Q), que es el requerido por todo nuestro sistema, y que se ha alimentado por el punto de entrada a la red, este caudal se bifurcará en dos dimensiones, y para esto tomaremos por convención que será el signo (+) cuando circule el fluido en sentido de las agujas del reloj y signo (-) en caso contrario.

Este método, es de aproximaciones sucesivas, por la cual sistemáticas correcciones se aplican a los flujos originalmente asumidos hasta que la red este balanceada.

De la misma forma las interacciones que se irán haciendo sucesivamente, deberán tener una aproximación del 1% como podrán verse en los cálculos este método también nos dará las presiones requeridas para nuestro sistema, para cada tramo, y su verificación con los rangos de velocidades.

Los pasos importantes a seguir para el desarrollo de este método (entre otros) son los siguientes:

1.- Una vez determinados los gastos requeridos por cada sistema y/o dispositivos, estos se sumarán para saber cual será el gasto total y el que deberá aplicarse por el punto de entrada a la red.

2.- Se suponen los diámetros de las tuberías por cada tramo ya distribuido.

3.- Se calcula la pendiente y la pérdida de carga mediante las ecuaciones de H y W .

4.- Se verifica el rango de velocidad y en el caso de no cumplir, se cambiará de diámetro y así sucesivamente, para los cálculos en la red principal, utilizamos :

$$V = Q/A$$

5.- Se procederá a calcular un "AQ", que según una fórmula es como sigue :

$$AQ = \frac{-Eh}{f} / 1.85 \frac{h}{Q} \frac{1}{f}$$

Los cálculos parciales a esta fórmula, será apreciado en el mismo diseño.

6.- El valor anteriormente calculado "AQ", nos servirán para obtener un "Q'" (otro gasto) y que según una expresión es como sigue:

$$Q' = Q \pm AQ$$

Estos signos son propios del resultado "AQ"

7.- Con este nuevo dato "Q'" , realizamos los cálculos anteriores y así sucesivamente, hasta que luego de iteraciones sucesivas, podamos comprobar que :

$$AQ/Q \quad 1\% = 0.01$$

8.- Como este procedimiento es algo largo, no sabiendo cuantas iteraciones podríamos realizar, es que hemos procedido a elaborar un programa en lenguaje BASIC, por computadora, para realizar los cálculos anteriores, y de esta forma reducir no sólo el tiempo de resolución, sino también contando con resultado más exactos.

7.2 SISTEMA DE ROCIADORES

Son las instalaciones fijas automáticas más extendidas porque en cierta forma engloban, las tres etapas fundamentales de la lucha contra el fuego: de tensión, alarma y extensión.

El cerebro de un sistema automático de rociadores lo constituye válvulas accionadas térmicamente, no reversibles, que responden ante los gases calientes de conexión procedentes de un fuego. La temperatura de funcionamiento de los rociadores está definida por una temperatura nominal, que para cualquier caso debe ser elegida, superior a la temperatura ambiente máxima, para evitar que entren en funcionamiento sin que halla fuego (las temperaturas anteriormente

mencionadas, se establecen en nuestro criterios de cálculo).

Tenemos dos clases de rociadores (en el mercado) :

- Los de ampolla de vidrio , y
- Los de empujador soldado

Los sistemas de rociadores se dividen en tres tipos principales:

- Sistema húmedo
- Sistema seco
- Sistema mixto : húmedo y seco a la vez.

Para nuestro diseño empleamos el sistema húmedo, aquí los tubos de rociadores están continuamente llenos de agua presión, por este motivo sólo es adecuado donde no exista peligro de helada (como es nuestro caso el de Lima) .

Los rociadores son dispositivos de temperatura fija, es decir se activan cuando su elemento sensible al calor alcanza una temperatura específica. Estos rociadores desempeñan dos funciones bien definidas: Primero detectan un posible incendio, y luego descargan agua en cantidades y en forma adecuada para dominarlo y extinguirlo.

En condiciones normales, es decir mientras no se presente un incendio, la ampolla de vidrio o empujador, mantiene cerrada la válvula contra la presión de agua existente en el interior del rociador, por tanto trabaja a comprensión.

También se presentará, que por diferencia de presiones se abrirá la válvula que accionará automáticamente la alarma, dando aviso que el sistema de rociadores se ha accionado.

Los rociadores pueden ser:

- Montante (hacia arriba)
- Colgante (hacia abajo)

7.2.1 SITUACIONES EN LAS QUE SE UTILIZA

Comunmente los equipos y plantas de alto riesgo son protegidos por sistemas de rociadores (como podemos apreciar en nuestros planos e isométricos).

Estos sistemas son usualmente automáticos, aunque también posible de operar manualmente.

Los sistemas de rociadores, son utilizados para cubrir uno o más de los siguientes:

- Prevención de fuego
- Control de incendio
- Protección a la radiación
- Extinción

a) Prevención del fuego : Los sistemas deben ser capaz de funcionar efectivamete, durante suficiente tiempo, para disolver, diluir, dispersar o enfriar los materiales con riesgo de incendiarse.

b) Control del incendio: Un sistema para control del incendio, deberá funcionar con una completa efectividad, hasta que haya pasado tiempo suficiente para que los materiales inflamables se consuman, para que

se tomen los pasos necesarios para cortar el flujo de material que está fugando, para la preparación de las cuadrillas de reparación etc.

En algunos casos se podrá ser requerido el funcionamiento del sistema por algunas horas.

c) Protección a la radiación : Los sistemas de rociadores automáticos, deberán ser diseñados para operar ante la posible falla de cualquier recipiente que contenga líquidos o gases inflamables, debido al aumento de temperatura.

El sistema deberá ser diseñado por lo tanto para descargar efectivamente el agua, dentro de los 30 segundos siguientes a la operación del sistema.

d) Extinción: La extinción de fuego por medio de rociadores, puede lograrse por el enfriamiento de la superficie por sofocamiento causado por el vapor producido, por la emulsificación, por dilución y por combinación de los anteriores.

Los sistemas serán diseñados de tal forma, que dentro de un período razonable, se logrará totalmente la extinción, y todas las superficies serán enfriadas lo suficiente para evitar la reignición después que el sistema esté fuera de operación.

7.2.2 CALCULO DEL SISTEMA

Estos cálculos seguirán los siguientes pasos:

- Dimensiones del área a proteger
- Gasto requerido

- Número de rociadores
- Distribución de rociadores
- Gasto total del anillo
- Diámetro del anillo
- Cálculo de presiones por tramos

Los sistemas de rociadores están denotados por la siguiente codificación:

Sistemas: FA - 300
 FA - 301
 FA - 302X
 FA - 303X
 FA - 309X
 FA - 315
 Modulos I y II

Cada uno de estos sistemas estan conformados por anillos de tuberías que rodean a cada uno de los tanques horizontales, como se detallan en lo isométricos:

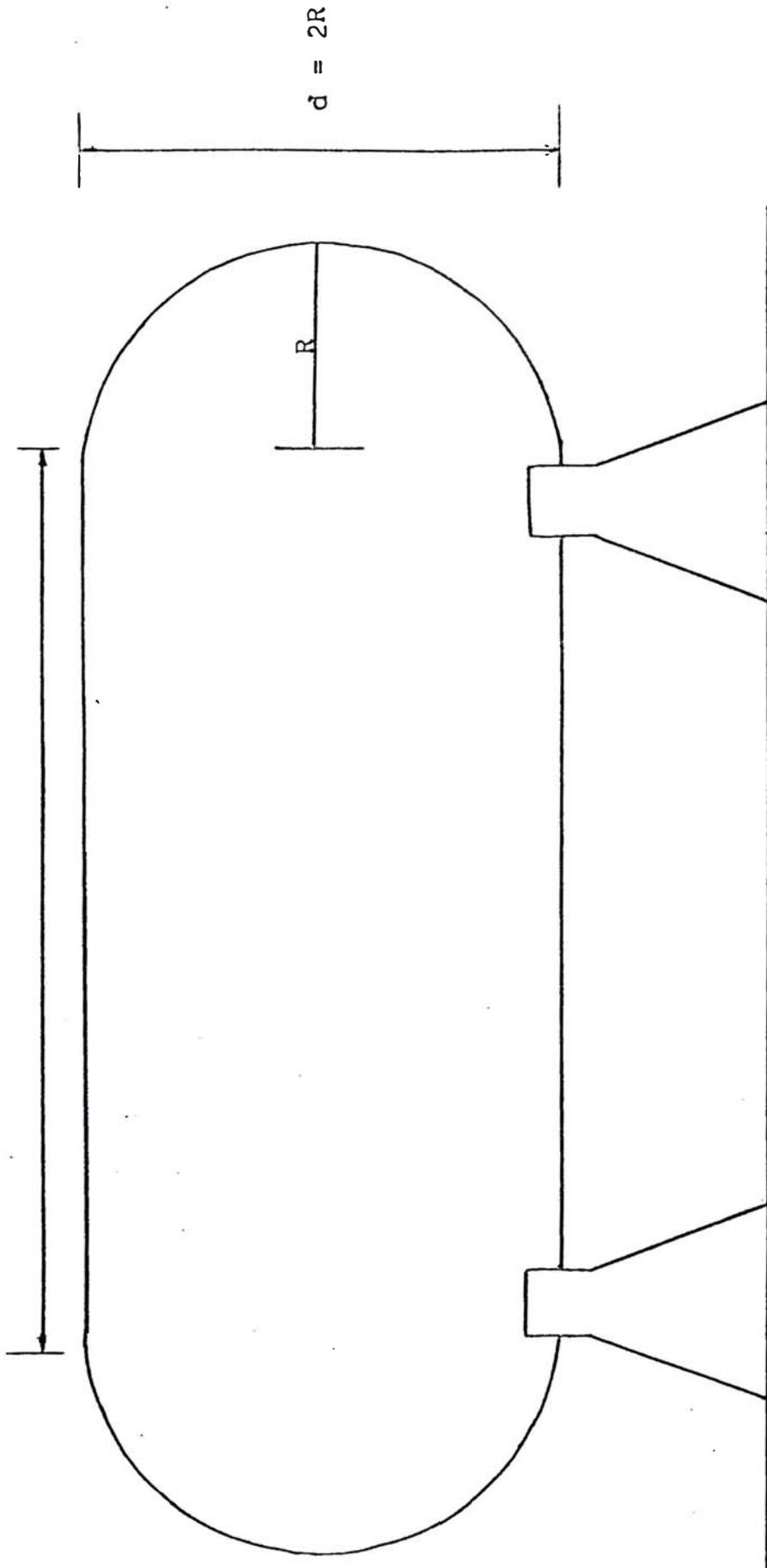
7.2.2.1 PASOS A SEGUIR:

1) Dimensiones:

Tanque horizontal a proteger
 d = Diámetro del tanque (pie)
 L = Longitud del tanque (pie)
 R = Radio del casquete (pie)

- ver dibujo:

DIMENSIONES DEL TANQUE (Típico)



2) Area a proteger: (A_t)

$$A_t = A_L + 2A_c$$

A_t = Area total del tanque

A_L = Area lateral del tanque

A_c = Area del casquete (semi-esférico)

$$A_L = 2\pi RL$$

$$A_c = 1/2\pi d^2$$

* Para los cálculos, y según norma, sólo se tomará la mitad del area total, como area a proteger.

3) La densidad del agua a aplicar para la protección contra incendios, según norma NFPA-15 será de:

$$\delta = 0.25 \text{ GPM/pie}^2 \text{ (10 lt/mit/m}^2\text{)}$$

4) Cálculo del gasto mínimo (Q_m)

$$Q_m = (A_t) (\delta)$$

Q_m = Gasto mínimo

A_t = Area total

δ = Densidad

5) Número de rociadores parciales ($N^o R$)

$$N^o R = Q_m/q$$

q = gasto por rociador, para esto nos remitimos a datos del fabricante, que nos indica para nuestros rociadores 1H7 del System Spaying, obtendremos 22 GPM/rociador y una presión de descarga de 80 psi.

• $q = 22 \text{ GPM (valor constante)}$

* $N\text{º } R$ = es el número de rociadores como si se tratara de una línea.

6) Gasto parcial para comprobación del sistema: (Q_p)

$$Q_p = (N\text{º } R) (q)$$

$$\text{comprobación : } \delta = Q_p / A_t \quad \begin{array}{l} \delta < 0.25 \text{ GPM/pie}^2 \\ \delta \geq 0.25 \text{ GPM/pie}^2 \end{array}$$

a) Si, $\delta < 0.25 \text{ GPM/pie}^2$, entonces no es aceptable, por ser menor que la recomendación dada. Se tendrá que considerar un rociador más, y efectuar nuevamente los cálculos.

b) Si, $\delta \geq 0.25 \text{ GPM/pie}^2$, el procedimiento es aceptado por cumplir con las normas establecidos.

7) Número total de rociadores ($N\text{º } R_t$)

$$N\text{º } R_t = 2(N\text{º } R)$$

Debido a que el $N\text{º } R$, fué calculado como si se tratara de una línea sobre el recipiente, entonces se multiplica por dos, por tratarse de un sistema de anillos.

8) Gasto total del anillo: (Q_t)

$$Q_t = (N\text{º } R_t) (q)$$

9) Diámetro del anillo (\emptyset)

$$\emptyset = 10.408 Q_t / V$$

Q --- GPM Se tomará con velocidad promedio:

\emptyset --- pulg. $V = 9 \text{ pies/seg. (2.7m/seg.)}$

V --- pies/seg.

El \emptyset será tanteado, pero comprobando el sistema con la velocidad.

10) Cálculo de presiones:

a) Se utilizará la fórmula de (H y W), para determinar la pendiente, S (m/m)

$$Q = 0.000426 (C)(\emptyset)^{2.63} (S)^{0.54}$$

C = cte, y para nuestro caso C = 140

Q --- et/seg.

\emptyset --- pulg.

S --- m/km.

b) Se determinará la pérdida de carga, $h_f(m)$, por longitud de tubería, tomando la pérdida por accesorios, como un 20% de la longitud de tubería.

$$h_f = (S)(L_t)$$

h_f --- m

S --- m/m

L_t --- (L + 0.2 L)

c) Las presiones serán calculadas por tramos, teniendo en cuenta el siguiente criterio:

$$P_b = P_a - h_f(A-B) - H_t$$

$$P_a = P_b + h_f(A-B) + H_t$$

* Considerando la dirección del flujo en dicho sentido.

7.2.2.2 CALCULO DE LOS SISTEMAS DE ROCIADORES

1) SISTEMA FA-300

1.1 Dimensiones

$$\text{Diámetro (d)} = 1.5 \text{ mt.}$$

$$\text{Longitud (L)} = 3.5 \text{ mt.}$$

$$\text{Radio-casquete (R)} = 0.75 \text{ mt.}$$

1.2 Area a proteger

$$A_t = 1/2 (A_L + 2A_c)$$

$$A_L = 2\pi RL$$

$$= 2\pi(0.75)(3.5)$$

$$= 16.5 \text{ m}^2$$

$$A_c = 1/2 \pi d^2$$

$$= 1/2 \pi (1.5)^2$$

$$= 3.5 \text{ m}^2$$

$$2A_c = 2(3.5) = 7 \text{ m}^2$$

$$A_t = \frac{1}{2}(16.5+7) = 23.5 \text{ m}^2 / 2 = 11.75 \text{ m}^2 = 126.43 \text{ pie}^2$$

$$\bullet \bullet \quad A_t = 126.43 \text{ pie}^2$$

1.3 Gasto mínimo

$$Q_m = (A_t)(f)$$

$$= (126.43)(0.25)$$

$$\bullet \bullet \quad Q_m = 31.6 \text{ GPM}$$

1.4 Número de rociadores parcial:

$$N_{\text{R}} = 31.6/22 = 1.4$$

$$\bullet \bullet \quad N_{\text{R}} = 2$$

1.5 Cálculo del gasto parcial

$$Q_p = (N_R)(q) \\ = (2)(22) = 44$$

• • $Q_p = 44 \text{ GPM}$

1.6 Comprobando el sistema:

$$f = Q / A = 44 / 126.43 = 0.3 \text{ iok!}$$

1.7 Número total de rociadores:

$$N_{Rt} = 2(N_R) \\ = 2(2) = 4$$

• • $N_{Rt} = 4$

1.8 Gasto total del anillo

$$Q_t = (N_{Rt})(q) \\ = (4)(22) = 88$$

• • $Q_t = 88 \text{ GPM}$

1.9 Distribución de rociadores:

Se detallan en el dibujo isométrico del sistema, tanto la ubicación de rociadores, como la distancia entre rociadores y su distribución por tramos. El anillo se encuentra cerrado en "x", y el caudal se distribuye proporcionalmente igual en ambos ramales, por ubicarse los rociadores simétricamente.

1.10 Diámetros de los tramos de tubería:

a) Tramo E3A-E3B

$$V = 0.408 (Q)/d^2 \quad , \quad \text{para } d = 1''$$

$$V = 0.408 (22) = 8.9 \text{ pies/seg. iok!}$$

$$\circ \circ \quad \emptyset = 1''$$

$$* (E3A - E3B) = (E2A - E2B) = 1''$$

b) Tramo E3B - E3

$$V = 0.408 (Q)/d^2 \quad , \quad \text{para } d = 1\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (44)/2.25 = 8 \text{ pies/seg. iok!}$$

$$\circ \circ \quad \emptyset = 1\frac{1}{2}''$$

$$* (E3B - E3) = (E2B - E2) = 1\frac{1}{2}''$$

c) Tramo E3- E1

$$V = 0.408 (88)/d^2 \quad , \quad \text{para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (88)/4 = 9 \text{ pies/seg. iok!}$$

$$* (E3- E1) = (E2- E1) = 2''$$

d) Tramo E1- E :

$$V = 0.408 (176)/d^2 \quad , \quad \text{para } d = 3''$$

$$V = 0.408 (176)/9 = 8 \text{ pies/seg. iok!}$$

1.11 Cálculo de presiones:

Se ubica el punto crítico (E3A), la ruta crítica y se hacen los cálculos para esta ruta.

a) Tramo E3A - E3B :

$$Q = 22 \text{ GPM} = 1.39 \text{ lps}$$

$$S = 0.34 \text{ m/m}$$

$$\emptyset = 1''$$

$$L = 2.5 \text{ m}$$

$$hf = (0.34)(2.5+1.5) = 1.02 \text{ m}$$

$$S = 0.34$$

$$PE3A = 80 \text{ psi} = 56.33 \text{ m}$$

$$PE3B = 56.33 + 1.02 = 57.35 \text{ m}$$

$$hf = 1.02 \text{ m.}$$

°

$$° \quad PE3B = 57.35 \text{ m} = 81.43 \text{ psi.}$$

b) Tramo E3B - E3:

$$Q = 44 \text{ GPM} = 2.781 \text{ lps}$$

$$S = 0.17 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 1\frac{1}{2}''$$

$$L = 1.25 \text{ m}$$

$$hf = (0.17)(1.25 + 0.25) = 0.255 \text{ m}$$

$$S = 0.17$$

$$PE3B = 57.35 \text{ m}$$

$$PE3 = 57.35 + 0.255 = 57.6 \text{ m}$$

$$hf = 0.255$$

°

$$° \quad PE3 = 57.6 \text{ m} = 82 \text{ psi.}$$

c) Tramo E3 - E1:

$$Q = 88 \text{ GPM} = 5.56 \text{ lps}$$

$$S = 0.15 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 2''$$

$$L = 4.5 \text{ m}$$

$$hf = (0.15)(4.5 + 0.9) = 0.81 \text{ m}$$

$$S = 0.15$$

$$PE3 = 57.6 \text{ m}$$

$$PE1 = 57.6 + 0.81 = 58.41 \text{ m}$$

$$hf = 0.81 \text{ m}$$

°

$$° \quad PE1 = 58.41 \text{ m} = 83 \text{ psi.}$$

d) Tramo E1 - E :

$$Q = 176 \text{ GPM} = 11.2 \text{ lps}$$

$$S = 0.076 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 3''$$

$$L = 33.6 \text{ m}$$

$$hf = (0.076)(33.6 + 6.76) = 3.08 \text{ m}$$

$$S = 0.076$$

$$PE1 = 58.41m$$

$$PE = 58.41 + 3.6 + 3.08 = 65.29m$$

$$hf = 3.08m$$

$$Ht = 3.6 m$$

•
• • $PE = 65.29m = 93 \text{ psi.}$

2) SISTEMA FA-301

2.1) Dimensiones:

$$\text{Diámetro (d)} = 1.5 \text{ mt.}$$

$$\text{Longitud (L)} = 4.5 \text{ mt.}$$

$$\text{Radio-casquete (R)} = 0.75 \text{ mt.}$$

2.2) Area a proteger:

$$At = \frac{1}{2} (AL + 2Ac)$$

$$AL = 2\pi RL$$

$$= 2\pi (0.75)(4.5)$$

$$= 21.2 \text{ m}^2$$

$$Ac = \frac{1}{2} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{2} \pi (1.5)^2$$

$$= 3.5 \text{ m}^2$$

$$2Ac = 2(3.5) = 7 \text{ m}^2$$

$$At = \frac{1}{2}(21.2 + 7) = 28.2/2 = 14.1 \text{ m}^2 = 152.75 \text{ pie}^2$$

•
• • $At = 152.75 \text{ pie}^2$

2.3) Gasto mínimo:

$$Q_m = (At)(\delta)$$

$$= (152.75)(0.25) = 38.18 \text{ GPM}$$

•
• • $Q_m = 38.18 \text{ GPM}$

2.4) Número parcial de rociadores

$$N_{\text{R}} = 38.18/22 = 1.7$$

• •

$$N_{\text{R}} = 2$$

2.5) Gasto parcial:

$$Q_p = (N_{\text{R}})(q)$$
$$= (2)(22) = 44$$

• •

$$Q_p = 44 \text{ GPM}$$

2.6) Comprobando el sistema

$$\delta = Q_p/A_t = 44/152.75 = 0.28 \text{ iok!}$$

2.7) Número total de rociadores:

$$N_{\text{Rt}} = 2 (N_{\text{R}})$$
$$= 2 (2) = 4$$

• •

$$N_{\text{Rt}} = 4$$

2.8) Gasto total del anillo :

$$Q_t = (N_{\text{Rt}})(q)$$
$$= (4)(22) = 88 \text{ GPM}$$

• •

$$Q_t = 88 \text{ GPM}$$

* El sistema FA-300 y el Fa-301, se encuentran interconectados, como se puede apreciar en el dibujo isométrico, entonces el Gasto total real será 88 + 88 = 176 GPM.

2.9) Cálculo de diámetros :

Por simetría, son idénticos que para el sistema FA-300, que ya fueron calculados.

2.10) Cálculo de presiones:

Sólo se calcula para la ruta crítica, ya fué calculado.

3) SISTEMA FA-302X

3.1) Dimensiones:

Diámetro (d) = 3.5 mt.

Longitud (L) = 6.5 mt.

Radio de casquete (R) = 1.75 mt

3.2) Area a proteger:

$$A_t = \frac{1}{2}(AL + 2A_c)$$

$$AL = 2\pi (1.75)(6.5)$$

$$= 71.5 \text{ m}^2$$

$$A_c = \frac{1}{2}\pi (3.5)^2$$

$$= 19.24 \text{ m}^2$$

$$2A_c = 2 (19.24) = 38.5 \text{ m}^2$$

$$A_t = \frac{1}{2} (71.5 + 38.5) = 55 \text{ m}^2 = 591.5 \text{ pie}^2$$

$$\begin{array}{l} \circ \\ \circ \end{array} \quad A_t = 591.5 \text{ pie}^2$$

3.3) Gasto mínimo:

$$Q_m = (591.5)(0.25) = 147.8 \text{ GPM}$$

$$\begin{array}{l} \circ \\ \circ \end{array} \quad Q_m = 147.8 \text{ GPM}$$

3.4) Número parcial de rociadores:

$$\text{Nº R} = 147.8/22 = 6.7$$

• °

$$\text{Nº R} = 7$$

3.5) Gasto parcial

$$Q_p = (7)(22) = 154 \text{ GPM}$$

• °

$$Q_p = 154 \text{ GPM}$$

3.6) Comprobando el sistema

$$f = 154/591.5 = 0.26 \quad \text{iok!}$$

3.7) Número total de rociadores

$$\text{Nº Rt} = (7)(2) = 14$$

• °

$$\text{Nº Rt} = 14$$

3.8) Gasto total del anillo:

$$Q_t = (14)(22) = 308 \text{ GPM}$$

• °

$$Q_t = 308 \text{ GPM}$$

3.9) Diámetros de los tramos de tubería :

a) Tramo J1G - J1F

$$V = 0.408 (22)/d^2 \quad , \quad \text{para } d = 1''$$

$$V = 0.408 (22)/1 = 8.976 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

b) Tramo J1F - J1E

$$V = 0.408 (44)/d^2 \quad , \quad \text{para } d = 1\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (44)/2.25 = 7.97 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

c) Tramo J1E - J1D

$$V = 0.408 (66)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (66)/4 = 7 \text{ pies/seg. iok!}$$

d) Tramo J1D - J1C

$$V = 0.408 (88)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (88)/4 = 8.9 \text{ pies/seg. iok!}$$

e) Tramo J1C - J1B

$$V = 0.408 (110)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (110)/6.25 = 7.18 \text{ pies/seg. iok!}$$

f) Tramo J1B - J1A

$$V = 0.408 (132)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (132)/6.25 = 8.6 \text{ pies/seg. iok!}$$

g) Tramo J1A - J1

$$V = 0.408 (154)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3''$$

$$V = 0.408 (154)/9 = 7 \text{ pies/seg. iok!}$$

h) Tramo J1 - J

$$V = 0.408 (308)/d^2 \quad , \text{ para } d = 4''$$

$$V = 0.408 (308)/16 = 7.9 \text{ pies/seg. iok!}$$

3.10) Cálculo de presiones:

a) Tramo J1G - J1F

$$Q=22\text{GPM}=1.3 \text{ lps}$$

$$S = 0.34\text{m/m}$$

$$\varnothing = 1''$$

$$L = 2.08\text{m}$$

$$hf=(0.34)(2.08+0.4)=0.84\text{m}$$

$$S = 0.34$$

$$PJ1G=80\text{psi}=56.3\text{m}$$

$$PJ1F = 56.3+0.84= 57.14\text{m}$$

$$hf = 0.34 \text{ m/m}$$

•

$$\bullet \bullet \quad PJ1F = 57.14\text{m} = 81.13 \text{ psi.}$$

b) Tramo J1F - J1E

$$Q=44\text{GPM}=2.8 \text{ lps}$$

$$S = 0.17 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 1\frac{1}{2}"$$

$$L = 1.08\text{m}$$

$$hf=(0.17)(1.08+0.216)=0.22\text{m}$$

$$S = 0.17$$

$$PJ1F= 57.14\text{m}$$

$$PJ1E = 57.14+0.22 = 57.36\text{m}$$

$$hf = 0.22$$

•

$$\bullet \bullet \quad PJ1E = 57.36\text{m} = 81.45 \text{ psi.}$$

c) Tramo J1E - J1C

$$Q=88\text{GPM}=5.5 \text{ lps}$$

$$S= 0.15 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 2"$$

$$L = 5.32\text{m}$$

$$hf=(0.15)(5.32+1.064)=0.95\text{m}$$

$$S = 0.15$$

$$PJ1E= 57.36\text{m}$$

$$PJ1C = 57.36+0.95 = 58.31\text{m}$$

$$hf= 0.95\text{m}$$

•

$$\bullet \bullet \quad PJ1C = 58.31\text{m} = 82.8 \text{ psi.}$$

d) Tramo J1C -J1A

$$Q=132\text{GPM}=8.3 \text{ lps}$$

$$S= 0.108 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 2\frac{1}{2}"$$

$$L = 8.5\text{m}$$

$$hf= (0.108)(8.5+1.7)=1.10\text{m}$$

$$S = 0.108$$

$$PJ1C = 58.31m$$

$$hf = 1.10m$$

$$PJ1A = 58.31 + 1.10 = 59.40m$$

$$PJ1A = 59.40m = 84.35 \text{ psi}$$

e) Tramo J1A - J1

$$Q = 154 \text{ GPM} = 9.71 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 3''$$

$$S = 0.059 \text{ m/m}$$

$$L = 9.25m$$

$$S = 0.059$$

$$hf = (0.059)(9.25 + 1.85) = 0.6m$$

$$PJ1A = 59.40m$$

$$hf = 0.6m$$

$$PJ1 = 59.40 + 0.6 = 60.05m$$

$$PJ1 = 60.05m = 85.27 \text{ psi}$$

f) Tramo J1 - J

$$Q = 308 \text{ GPM} = 19 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 4''$$

$$S = 0.052 \text{ m/m}$$

$$L = 28.6m$$

$$S = 0.052$$

$$hf = (0.052)(28.6 + 5.7) = 1.78m$$

$$PJ1 = 60.05m$$

$$hf = 1.78m$$

$$PJ = 60.05 + 3.6 + 1.78 = 65.43m$$

$$PJ = 65.43m = 93 \text{ psi}$$

3.11) El cálculo de presiones y de diámetros por tramos, para el SISTEMA FA-303X, serán idénticos al calculado para el SISTEMA FA-302X, que hemos desarrollado, por ser estos completamente simétricos, como podemos apreciarlos en los dibujos isométricos.

3.12) Del mismo modo, los cálculos para el dimensionamiento del Nº de Rociadores, caudal o gasto total, entre otros datos, serán los mismos que el sistema desarrollado, por lo tanto se tomarán los mismos resultados, y que podrán ser apreciados en el dibujo isométrico.

4) SISTEMA FA-309-X

4.1) Dimensiones:

$$\text{Diámetro (d)} = 2\text{m}$$

$$\text{Longitud (L)} = 6\text{m}$$

$$\text{Radio-casquete (R)} = 1\text{m}$$

4.2) Area a proteger:

$$A_t = \frac{1}{2} (A_L + 2A_c)$$

$$A_L = 2\pi(1)(6)$$

$$= 37.6\text{m}^2$$

$$A_c = \frac{1}{2}\pi (2)^2$$

$$= 6.2\text{ m}^2$$

$$2A_c = 12.4\text{ m}^2$$

$$A_t = \frac{1}{2} (37.6 + 12.4) = 25\text{m} = 269.06\text{ pies}^2$$

$$\bullet \bullet \quad A_t = 269.06\text{ pies}^2$$

4.3) Gasto mínimo

$$Q_m = (269.06)(0.25) = 67.26\text{ GPM}$$

$$\bullet \bullet \quad A_t = 67.26\text{ GPM}$$

4.4) Número parcial de rociadores:

$$N_{\partial R} = 67.26/22 = 3.15$$

° °

$$N_{\partial R} = 4$$

4.5) Gasto parcial :

$$Q_p = (4)(2) = 88 \text{ GPM}$$

° °

$$Q_p = 88 \text{ GPM}$$

4.6) Comprobando el sistema:

$$f = 88/269.06 = 0.32 \quad \text{iok!}$$

4.7) Número total de rociadores:

$$NRT = (4)(2) = 8$$

° °

$$N_{\partial RT} = 8$$

4.8) Gasto total del anillo:

$$Q_t = (8)(22) = 176 \text{ GPM}$$

° °

$$Q_t = 176 \text{ GPM}$$

4.9) Diámetros de los tramos de tubería:

a) Tramo A1D - A1C

$$V = 0.408 (22)/d^2 \quad , \text{ para } d = 1''$$

$$V = 0.408 (22)/1 = 8.9 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

b) Tramo A1C - A1B

$$V = 0.408 (44)/d^2 \quad , \text{ para } d = 1\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (44)/2.25 = 8 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

c) Tramo A1B - A1A

$$V = 0.408 (66)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (66)/4 = 8 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

d) Tramo A1A - A1

$$V = 0.408 (88)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (88)/4 = 9 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

e) Tramo A1 - A

$$V = 0.408 (176)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3''$$

$$V = 0.408 (176)/9 = 7.9 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

4.10) Cálculo de presiones:

a) Tramo A1D - A1C

$$Q=22\text{GPM}=1.4 \text{ lps}$$

$$S = 0.34 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 1''$$

$$L = 1.5\text{m}$$

$$hf = (0.34)(1.5+0.3) = 0.61\text{m}$$

$$S = 0.34$$

$$PA1D=80\text{psi}=56.3\text{m}$$

$$PA1C = 56.3+0.612 = 56.912\text{m}$$

$$hf = 0.612\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PA1C = 56.912\text{m} = 381 \text{ psi.}$$

b) Tramo A1C - A1B

$$Q=44\text{GPM}=2.7 \text{ lps}$$

$$S = 0.17 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 1\frac{1}{2}''$$

$$L = 3\text{m}$$

$$hf = (0.17)(3+0.6) = 0.612\text{m}$$

$$S = 0.17$$

$$PA1C=56.912\text{m}$$

$$PA1B=56.912+0.612=57.524\text{m}$$

$$hf = 0.612\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PA1B = 57.524\text{m} = 82 \text{ psi}$$

c) Tramo A1B - A

$$Q=88 \text{ GPM}=5.5 \text{ lps}$$

$$S= 0.15 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 2''$$

$$L = 5.25$$

$$hf=(0.15)(5.25+1.05)=0.94\text{m}$$

$$S = 0.15$$

$$PA1B= 57.524\text{m}$$

$$PA1= 57.24+0.945 = 58.469\text{m}$$

$$hf = 0.945 \text{ m}$$

$$\bullet \bullet \quad PA1 = 58.469\text{m} = 83 \text{ psi}$$

d) Tramo A1 - A

$$Q=176\text{GPM}=11.1 \text{ lps}$$

$$S = 0.076 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 3''$$

$$L = 11.8$$

$$hf=(0.076)(11.8+2.3)=1.07\text{m}$$

$$S = 0.076$$

$$PA1= 58.469 \text{ m}$$

$$PA1=58.469+1.07+3.6=63.16\text{m}$$

$$hf = 1.07 \text{ m}$$

$$\bullet \bullet \quad PA1 = 63.16\text{m} = 90 \text{ psi}$$

5) SISTEMA FA-315

5.1) Dimensiones:

$$\text{Diámetro (d)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Longitud (L)} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Radio-casquete (R)} = 1.5 \text{ m}$$

5.2) Area a proteger:

$$At = \frac{1}{2} (AL + 2AC)$$

$$AL = 2\pi(1.5)(7)$$

$$= 65.9 \text{ m}^2$$

$$AC = \frac{1}{2}\pi(3)^2$$

$$= 14.13 \text{ m}^2$$

$$2AC = 2(14.13) = 28.2$$

$$AT = \frac{1}{2}(65.9+28.2) = 47.05\text{m} = 506.75 \text{ pie}^2$$

5.3) Gasto mínimo:

$$Q_m = (506.75)(0.25) = 126.68 \text{ GPM}$$

°

$$° ° \quad Q_m = 126.68 \text{ GPM}$$

5.4) Número parcial de rociadores:

$$N_{\partial} R = 126.88/22 = 5.7$$

°

$$° ° \quad N_{\partial} R = 6$$

5.5) Gasto parcial:

$$Q_p = (6)(22) = 132 \text{ GPM}$$

°

$$° ° \quad Q_p = 132 \text{ GPM}$$

5.6) Comprobando el sistema:

$$\delta = 132/506.75 = 0.26 \text{ iok!}$$

5.7) Número total de rociadores:

$$N_{\partial} RT = (6)(2) = 12$$

°

$$° ° \quad N_{\partial} RT = 12$$

5.8) Gasto total del anillo:

$$Q_t = (12)(22) = 264 \text{ GPM}$$

°

$$° ° \quad Q_t = 264 \text{ GPM}$$

5.9) Diámetros de los tramos de tubería:

a) Tramo C1F - C1E

$$V = 0.408 (22)/d^2 \quad , \text{ para } d = 1''$$

$$V = 0.408 (22)/1 = 8.9 \text{ pies/seg. } \quad \text{iok!}$$

b) Tramo C1E - C1D

$$V = 0.408 (44)/d^2 \quad , \text{ para } d = 1\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (44)/2.25 = 7.9 \text{ pies/seg } \quad \text{iok!}$$

c) Tramo C1D - C1C

$$V = 0.408 (66)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (66)/4 = 6.7 \text{ pies/seg } \quad \text{iok!}$$

d) Tramo C1C - C1B

$$V = 0.408 (88)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (88)/4 = 8.9 \text{ pies/seg. } \quad \text{iok!}$$

e) Tramo C1C - C1B

$$V = 0.408 (110)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (110)/6.25 = 7.18 \text{ pies/seg. } \quad \text{iok!}$$

f) Tramo C1A - C1

$$V = 0.408 (132)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (132)/6.25 = 8.61 \text{ pies/seg } \quad \text{iok!}$$

g) Tramo C1 - C

$$V = 0.408 (Q)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (132)/12.25 = 8.7 \text{ pies/seg. } \quad \text{iok!}$$

5.10) Calculo de presiones

a) Tramo C1F - C1E

$$Q=22\text{GPM}=1.3 \text{ lps}$$

$$S = 0.34 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 1''$$

$$L = 2.4\text{m}$$

$$S = 0.34\text{m}$$

$$PC1F = 80\text{psi} = 56.3$$

$$hf = 0.97\text{m}$$

$$hf = (0.34)(2.4 + 0.48) = 0.97\text{m}$$

$$PC1E = 56.3 + 0.97 = 57.3\text{m}$$

•

$$\bullet \bullet \quad PC1E = 57.3\text{m} = 81.3 \text{ psi}$$

b) Tramo C1E - C1D

$$Q = 44\text{GPM} = 2.7 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 1\frac{1}{2}"$$

$$L = 1.4\text{m}$$

$$S = 0.17 \text{ m/m}$$

$$PC1E = 57.3 \text{ m}$$

$$hf = 0.28\text{m}$$

$$S = 0.17 \text{ m/m}$$

$$hf = (0.17)(1.4 + 0.28) = 0.28\text{m}$$

$$PC1D = 57.3 + 0.28 = 57.5\text{m}$$

•

$$\bullet \bullet \quad PC1D = 57.5\text{m} = 82 \text{ psi}$$

c) Tramo C1D - C1B

$$Q = 88\text{GPM} = 5.5 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 2"$$

$$L = 2.8 \text{ m}$$

$$S = 0.15 \text{ m/m}$$

$$PC1D = 57.5 \text{ m}$$

$$hf = 0.504\text{m}$$

$$S = 0.15 \text{ m/m}$$

$$hf = (0.15)(2.8 + 0.56) = 0.504\text{m}$$

$$PC1B = 57.5 + 0.504 = 58\text{m}$$

•

$$\bullet \bullet \quad PC1B = 58\text{m} = 83 \text{ psi}$$

d) Tramo C1B - C1

$$Q = 132\text{GPM} = 8.5 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 2\frac{1}{2}"$$

$$S = 0.108 \text{ m/m}$$

$$L = 2.9 \text{ m}$$

$$s = 0.108$$

$$PC1B = 58\text{m}$$

$$hf = 0.8\text{m}$$

$$hf = (0.18)(2.9+0.58) = 0.62\text{m}$$

$$PC = 58.6+0.8+3.6 = 63.02\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PC = 63.02\text{m} = 89.5 \text{ psi}$$

6) SISTEMAS MODULOS I Y II

6.1) Dimensiones:

$$\text{Diámetro (d)} = 5\text{m}$$

$$\text{Longitud (L)} = 8\text{m}$$

$$\text{Radio-casquete (R)} = 2.5\text{m}$$

6.2) Area a proteger:

$$A_t = \frac{1}{2}(AL+2AC)$$

$$AL = 2\pi(2.5)(8)$$

$$= 125.66 \text{ m}^2$$

$$AC = \frac{1}{2}\pi (s)^2$$

$$= 39.26 \text{ m}^2$$

$$2AC = 2(39.26) = 78.53 \text{ m}^2$$

$$A_t = \frac{1}{2}(125.66+78.53) = 102.095\text{m} = 1,098.8 \text{ pie}^2$$

$$\bullet \bullet \quad A_t = 1,098.8 \text{ pie}^2$$

6.3) Gasto mínimo:

$$Q_m = (1,098.8)(0.25) = 274.7 \text{ GPM}$$

$$\bullet \bullet \quad Q_m = 274.7 \text{ GPM}$$

6.4) Número parcial de rociadores:

$$N\text{º } R = Q/q = 274.7/22 = 12.4$$

• •

$$N\text{º } R = 13$$

6.5) Gasto parcial:

$$Q_p = (13)(22) = 286 \text{ GPM}$$

• •

$$Q_p = 286 \text{ GPM}$$

6.6) Comprobando el sistema:

$$f = 286/1,098.8 = 0.26 \quad \text{iok!}$$

6.7) Número total de rociadores:

$$N\text{º } R_t = (13)(2) = 26$$

• •

$$N\text{º } R_t = 22$$

6.8) Gasto total del anillo:

$$Q_t = (26)(22) = 572 \text{ GPM}$$

• •

$$Q_t = 572 \text{ GPM}$$

6.9) Diámetros de los tramos de tubería:

a) Tramo G1M - G1L

$$V = 0.408 (22)/d^2 \quad , \text{ para } d = 1"$$

$$V = 0.408 (22)/1 = 9 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

b) Tramo G1L - G1K

$$V = 0.408 (44)/d^2 \quad , \text{ para } d = 1\frac{1}{2}"$$

$$V = 0.408 (44)/2.25 = 8 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

c) Tramo G1K - G1J

$$V = 0.408 (66)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (66)/4 = 6.7 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

d) Tramo G1J - G1I

$$V = 0.408 (88)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2''$$

$$V = 0.408 (88)/4 = 9 \text{ pies/seg.} \quad \text{iok!}$$

e) Tramo G1I - G1H

$$V = 0.408 (110)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (110)/6.25 = 7.2 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

f) Tramo G1H - G1G

$$V = 0.408 (132)/d^2 \quad , \text{ para } d = 2\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (132)/6.35 = 8.6 \text{ pies/seg} \quad \text{io}$$

g) Tramo G1G - G1F

$$V = 0.408 (154)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3''$$

$$V = 0.408 (154)/9 = 7 \text{ pies/seg} \quad \text{iok}$$

h) Tramo G1F - G1E

$$V = 0.408 (176)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3''$$

$$V = 0.408 (176)/9 = 7.9 \text{ pies/seg} \quad \text{iok}$$

i) Tramo G1E - G1D

$$V = 0.408 (198)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3''$$

$$V = 0.408 (198)/9 = 8.9 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

j) Tramo G1D - G1C

$$V = 0.408 (220)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (220)/12.25 = 7.3 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

k) Tramo G1C - G1B

$$V = 0.408 (242)/d \quad , \text{ para } d = 3\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (242)/12.25 = 8 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

l) Tramo G1E - G1A

$$V = 0.408 (264)/d^2 \quad , \text{ para } d = 3\frac{1}{2}''$$

$$V = 0.408 (264)/12.25 = 8.7 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

m) Tramo G1A - G1

$$V = 0.408 (286)/d^2 \quad , \text{ para } d = 4''$$

$$V = 0.408 (286)/16 = 7.3 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

n) Tramo G1 - B

$$V = 0.408 (572)/d^2 \quad , \text{ para } d = 5''$$

$$V = 0.408 (572)/25 = 9.3 \text{ pies/seg} \quad \text{iok!}$$

6.10) Cálculo de presiones:

a) Tramo G1M - G1L

$$Q=22\text{GPM}=1.3 \text{ lps}$$

$$S = 0.34 \text{ m/m}$$

$$\phi = 1''$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$hf = (0.34)(1+0.2) = 0.408 \text{ m}$$

$$S = 0.34 \text{ m/m}$$

$$PG1M=80\text{psi}=56.3\text{m}$$

$$PG1L = 56.3+0.408 = 57\text{m}$$

$$hf = 0.408\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PG1L = 57\text{m} = 81 \text{ psi}$$

b) Tramo G1L - G1K

$$Q=44\text{GPM}=2.7 \text{ lps}$$

$$S = 0.17 \text{ m/m}$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}''$$

$$L = 1.8\text{m}$$

$$hf = (0.17)(1.8+0.36) = 0.37\text{m}$$

$$S = 0.17 \text{ m}$$

$$P1L = 57\text{m}$$

$$P1K = (57+0.37) = 57.4\text{m}$$

$$hf = 0.37\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PG1K = 57.4\text{m} = 82 \text{ psi}$$

c) Tramo G1K - G1I

$$Q=88\text{GPM}=5.5 \text{ lps}$$

$$S = 0.15 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 2''$$

$$L = 1.6\text{m}$$

$$hf = (0.15)(0.16+0.32)=0.3\text{m}$$

$$S = 0.15$$

$$P1K = 57.4\text{m}$$

$$P1I = 57.4+0.3 = 57.7\text{m}$$

$$hf = 0.3\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PG1I = 57.7\text{m} = 82 \text{ psi}$$

d) Tramo G1I - G1G

$$Q=132\text{GPM}=8.3 \text{ lps}$$

$$S = 0.108 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 2\frac{1}{2}''$$

$$L = 1.6\text{m}$$

$$hf=(0.108)(1.6+0.32)=0.20\text{m}$$

$$S = 0.108$$

$$P1I = 57.7\text{m}$$

$$PG1G = 57.7+0.20 = 57.9\text{m}$$

$$hf = 0.20$$

$$\bullet \bullet \quad PG1G = 57.9\text{m} = 82.5 \text{ psi}$$

e) Tramo G1G - G1D

$$Q=198\text{GPM}=12 \text{ lps}$$

$$S = 0.09 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 3''$$

$$L = 2.4\text{m}$$

$$hf = (0.09)(2.4+0.48)=0.25\text{m}$$

$$S = 0.09 \text{ m/m}$$

$$PG1G = 57.9\text{m}$$

$$PG1D = (57.9 + 0.25) = 58\text{m}$$

$$hf = 0.25\text{m}$$

$$\bullet \bullet \quad PG1D = 58\text{m} = 83 \text{ psi}$$

f) Tramo G1D - G1A

$$Q = 264 \text{ GPM} = 16 \text{ lps}$$

$$S = 0.07 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 3\frac{1}{2}''$$

$$L = 3.6 \text{ m}$$

$$hf = (0.08)(3.6 + 0.72) = 0.3 \text{ m}$$

$$S = 0.07$$

$$PG1D = 58 \text{ m}$$

$$PG1A = (58 + 0.3) = 58.3 \text{ m}$$

$$hf = 0.3 \text{ m}$$

• • $PG1A = 58.3 \text{ m} = 83 \text{ psi}$

g) Tramo G1A - G1

$$Q = 286 \text{ GPM} = 18 \text{ lps}$$

$$S = 0.04$$

$$\varnothing = 4''$$

$$L = 0.5$$

$$hf = (0.04)(0.5 + 0.1) = 0.024 \text{ m}$$

$$S = 0.04$$

$$PG1A = 58.3 \text{ m}$$

$$PG1 = (58.3 + 0.024) = 58.3 \text{ m}$$

$$hf = 0.024 \text{ m}$$

• • $PG1 = 58.3 \text{ m} = 83 \text{ psi}$

h) Tramo G1 - G

$$Q = 572 \text{ GPM} = 36 \text{ lps}$$

$$S = 0.05 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 5''$$

$$L = 13.8 \text{ m}$$

$$hf = (0.05)(13.8 + 2.76) = 0.8 \text{ m}$$

$$S = 0.05$$

$$PG1 = 58.3 \text{ m}$$

$$PG = (58.3 + 0.8 + 3.6) = 62.7 \text{ m}$$

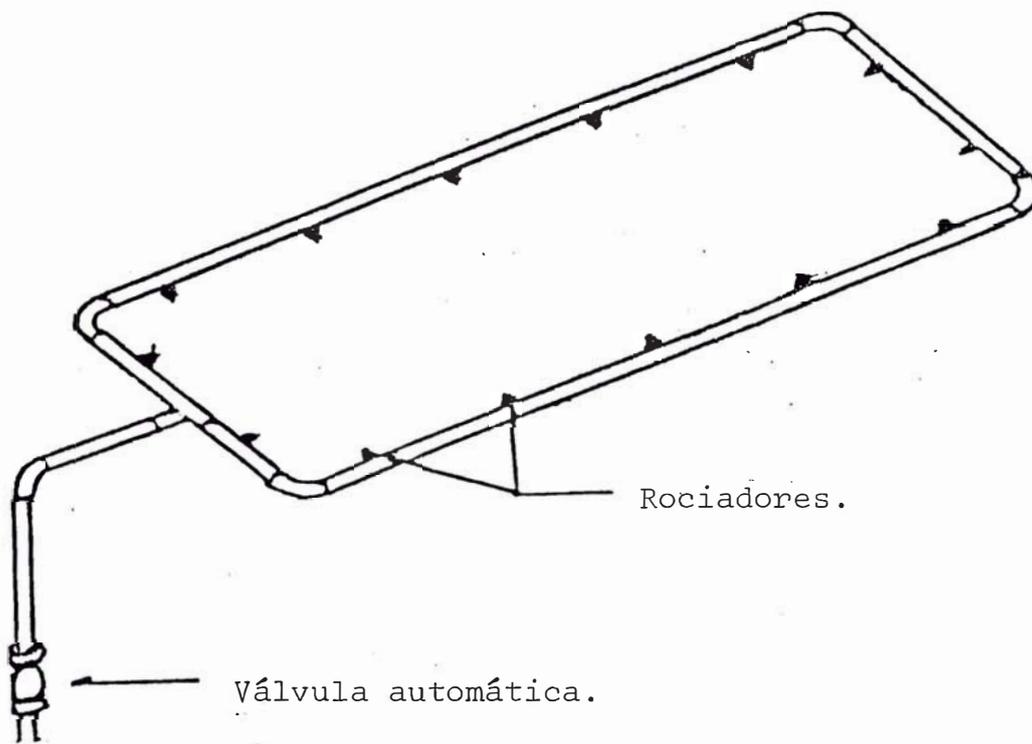
$$hf = 0.8 \text{ m}$$

$$Ht = 3.6 \text{ m}$$

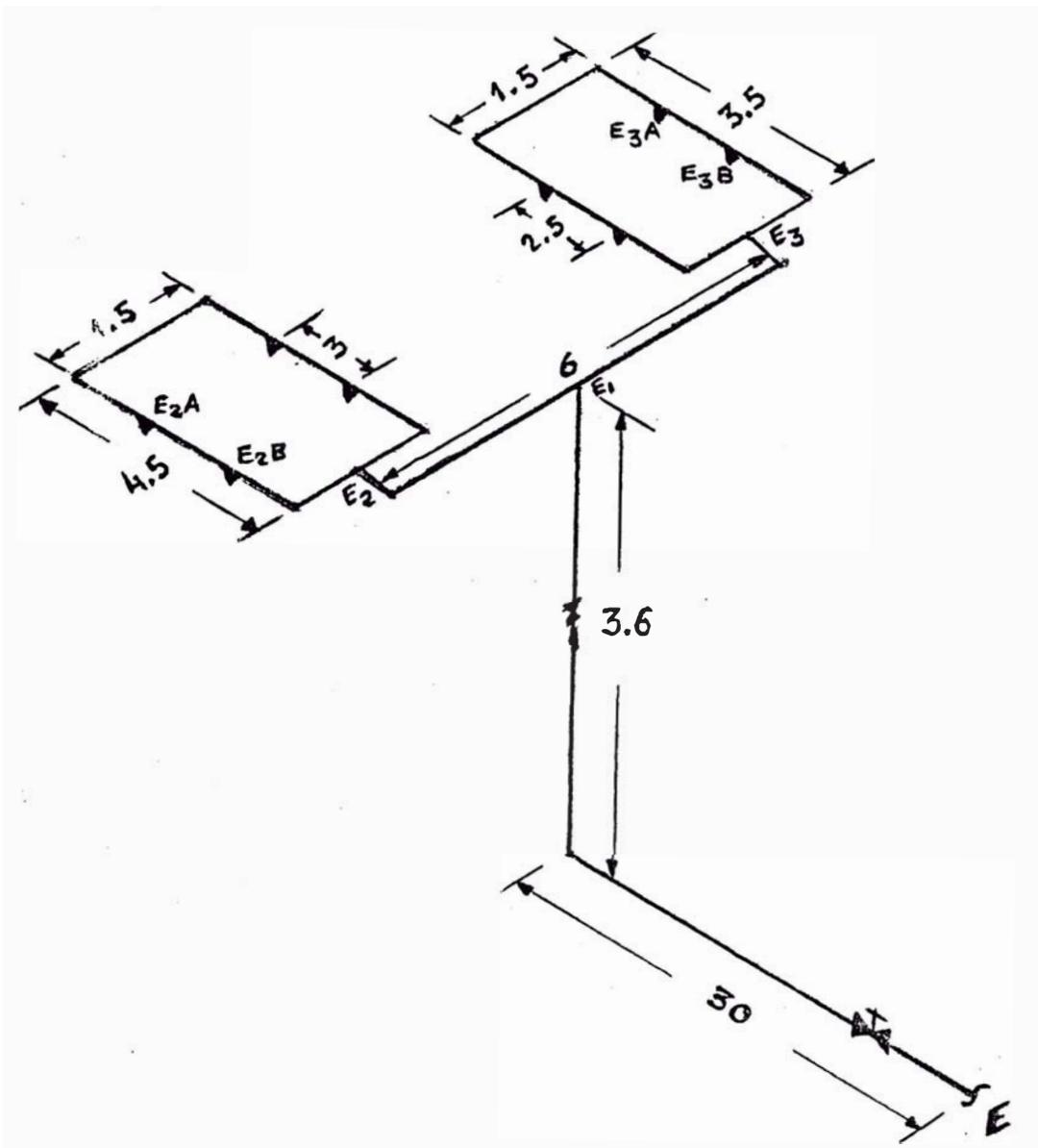
• • $PG = 62.7 \text{ m} = 89 \text{ psi}$

SISTEMA DE ROCIADORES

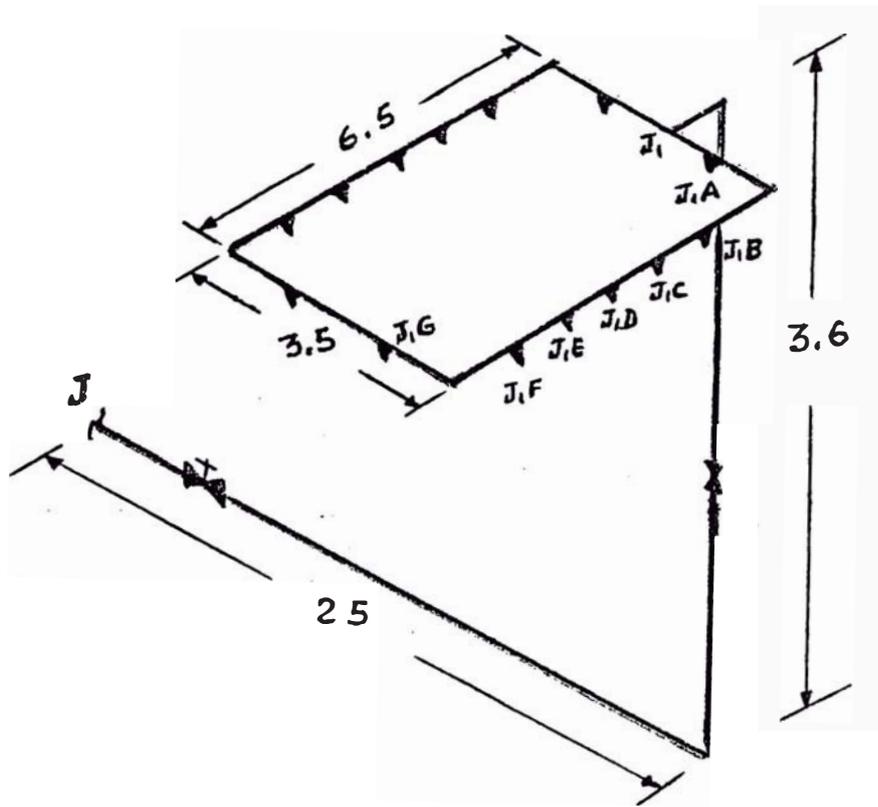
(TIPICO)



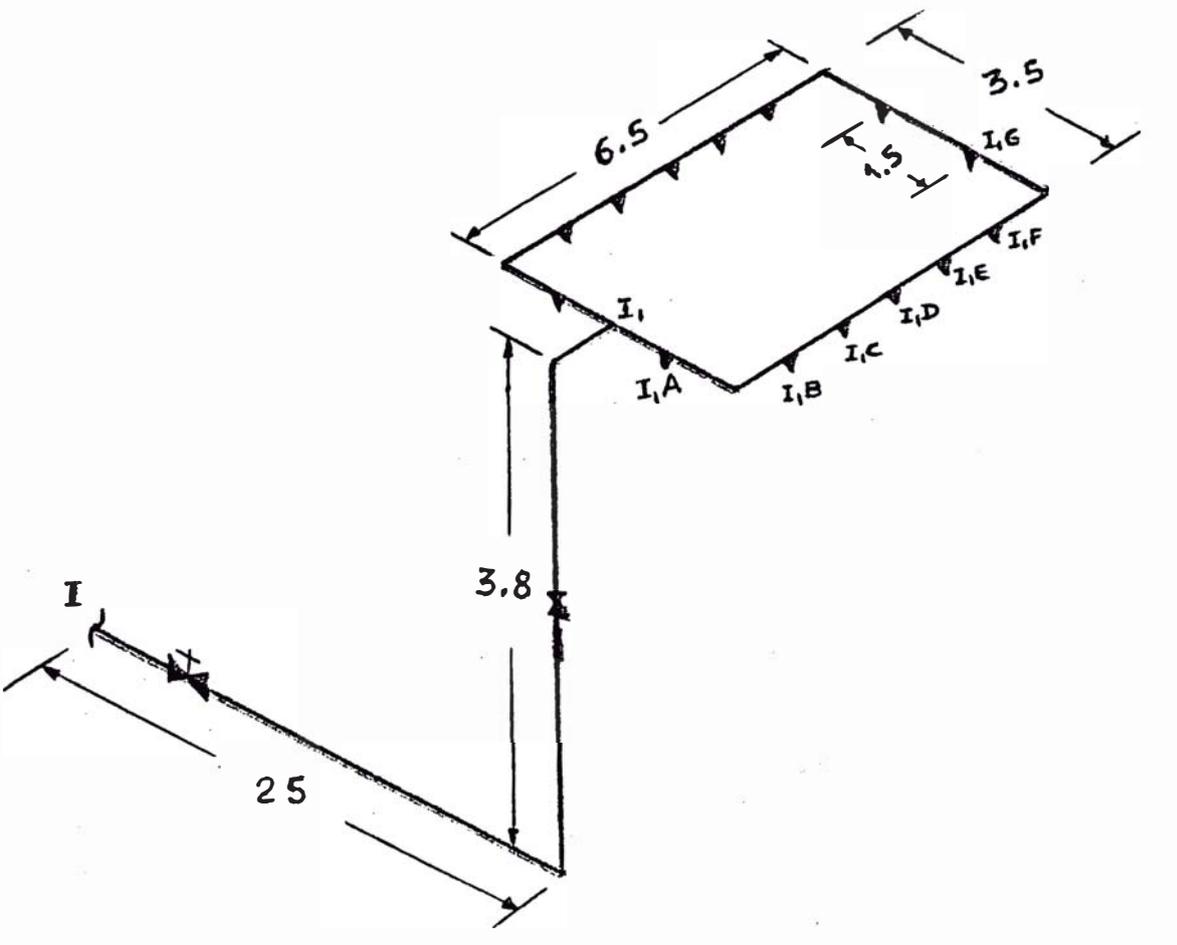
SISTEMAS FA-300 y FA-301



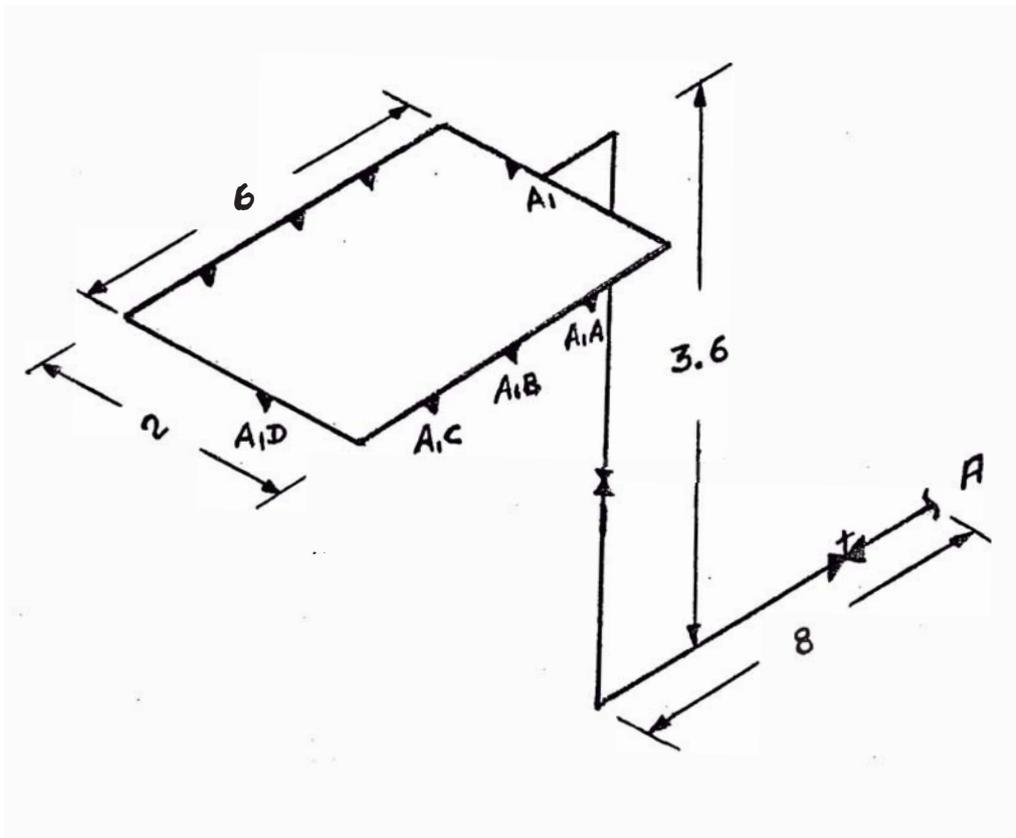
SISTEMA FA-302x



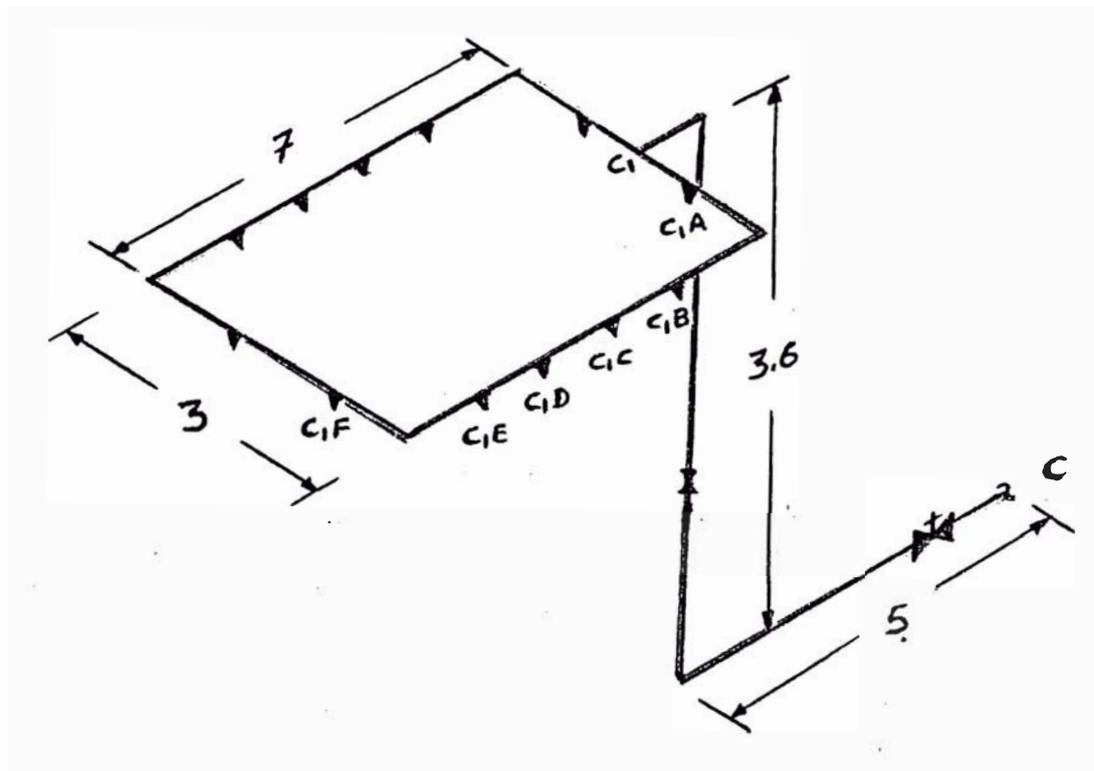
SISTEMA FA-303x



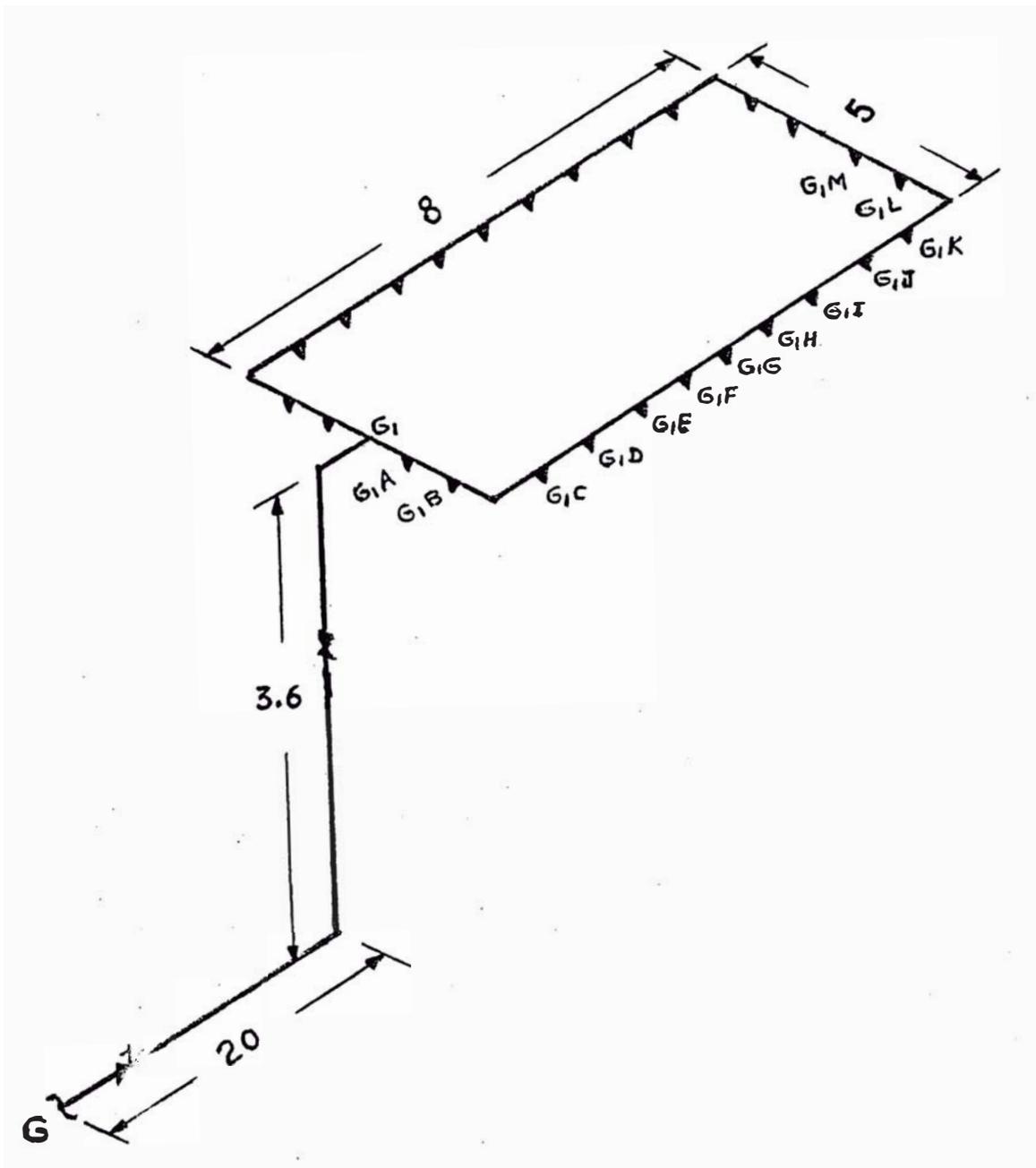
SISTEMA FA-309x



SISTEMA FA-315



MODULOS I y II



RESUMEN DEL SISTEMA DE ROCIADORES

CUADRO N° 1

SISTEMA	DIAMETRO (M)	RADIO CASQUETE (M)	LONGITUD (M)
FA-300	44	4	88
FA-301	44	4	88
FA-302X	154	14	302
FA-303X	154	14	308
FA-309X	88	8	176
FA-315	132	12	264
HOD I-II	286	26	572

CUADRO N° 2

SISTEMA	AREA (Pie ²)	GASTO MINIMO (Gpm)	N° PARCIAL DE ROCIADORES
FA-300	126.42	31.6	2
FA-301	152.75	38.18	2
FA-302X	591.5	147.80	7
FA-303X	591.5	147.80	7
FA-309X	269.06	67.26	4
FA-315	506.75	126.68	6
HOD I-II	1,098.80	274.70	13

CUADRO N° 3

SISTEMA	GASTO PARCIAL (Gpm)	Nº TOTAL DE ROCIADORES	GASTO TOTAL DEL ANILLO (Gpm)
FA-300	44	4	88
FA-301	44	4	88
FA-302X	154	14	308
FA-303X	154	14	308
FA-309X	88	8	176
FA-315	132	12	264
MOD. I-II	286	26	572

CUADRO N° 4

SISTEMA FA-300				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG)		PRESION EN PUNTOS (Psi)		
TRAMOS	e TEOR	e COMER	SALIDAS	PRESION
E ₃ A-E ₃ B	1"	1.5"	E ₃ A	80.0
E ₃ B-E ₃	1.5"	1.5"	E ₃ B	81.43
E ₃ -E ₁	2"	2.0"	E ₃	82.00
E ₁ -E	3"	4.0"	E ₁	83.00
			E	93.00

CUADRO N° 5

SISTEMA FA-301				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG)		PRESION EN PUNTOS (Psi)		
TRAMOS	ø TEOR	ø COMER	SALIDAS	PRESION
E ₂ A-E ₂ B	1"	1.5"	E ₂ A	80.0
E ₂ B-E ₂	1.5"	1.5"	E ₂ B	81.43
E ₂ -E ₁	2"	2.0"	E ₂	82.0
E ₁ -E	3"	4.0"	E ₁	83.0
			E	93.0

CUADRO N° 6

SISTEMA FA-302X				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG)		PRESION EN PUNTOS (Psi)		
TRAMOS	ø TEOR	ø COMER	SALIDAS	PRESION
J ₁ G-J ₁ F	1"	1.5"	J ₁ G	80.0
J ₁ F-J ₁ E	1.5"	1.5"	J ₁ F	81.13
J ₁ E-J ₁ D	2"	2.0"	J ₁ E	81.45
J ₁ D-J ₁ C	2"	2.0"	J ₁ C	82.80
J ₁ C-J ₁ B	2.5"	2.5"	J ₁ A	84.35
J ₁ B-J ₁ A	2.5"	2.5"	J ₁	85.27
J ₁ A-J ₁	3"	4.0"	J	93
J ₁ -J	4"	4.0"		

CUADRO N° 7

S I S T E M A F A - 3 0 3 X				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG) PRESION EN PUNTOS (Psi)				
TRAMOS	ø TEOR	ø COMER	SALIDAS	PRESION
I ₁ G-I ₁ F	1"	1.5"	I ₁ G	80.0
I ₁ F-I ₁ E	1.5"	1.5"	I ₁ F	81.13
I ₁ E-I ₁ D	2"	2.0"	I ₁ E	81.45
I ₁ D-I ₁ C	2"	2.0"	I ₁ C	82.8
I ₁ C-I ₁ B	2.5"	2.5"	I ₁ A	84.35
I ₁ B-I ₁ A	2.5"	2.5"	I ₁	85.27
I ₁ A-I ₁	3.0"	4.0"	I	93.0
I ₁ -I	4.0"	4.0"		

CUADRO N° 8

S I S T E M A F A - 3 0 9 X				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG) PRESION EN PUNTOS (Psi)				
TRAMOS	ø TEOR	ø COMER	SALIDAS	PRESION
A ₁ D-A ₁ C	1"	1.5"	A ₁ D	80.0
A ₁ C-A ₁ B	1.5"	1.5"	A ₁ C	81.00
A ₁ B-A ₁ A	2"	2.0"	A ₁ B	82.00
A ₁ A-A ₁	2"	2.0"	A ₁	83.00
A ₁ -A	3.0"	4.0"	A	90.00

CUADRO N° 9

SISTEMA FA-315				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG)		PRESION EN PUNTOS (Psi)		
TRAMOS	Ø TEOR	Ø COMER	SALIDAS	PRESION
C ₁ F-C ₁ E	1"	1.5"	C ₁ F	80.0
C ₁ E-C ₁ D	1.5"	1.5"	C ₁ E	81.3
C ₁ D-C ₁ C	2"	2.0"	C ₁ D	82.0
C ₁ C-C ₁ B	2"	2.0"	C ₁ B	83.0
C ₁ B-C ₁ A	2.5"	2.5"	C ₁	84.0
C ₁ A-C ₁	2.5"	2.5"	C	89.5
C ₁ -C	3.5"	4.0"		

CUADRO N° 10

SISTEMA MODULOS I-II				
DIAMETRO-TRAMOS (PULG)		PRESION EN PUNTOS (Psi)		
TRAMOS	Ø TEOR	Ø COMER	SALIDAS	PRESION
G ₁ M-G ₁ L	1"	1.5"	G ₁ M	80.0
G ₁ L-G ₁ K	1.2"	1.5"	G ₁ L	81.0
G ₁ K-G ₁ J	2"	2.0"	G ₁ K	82.0
G ₁ J-G ₁ I	2"	2.0"	G ₁ I	82.0
G ₁ I-G ₁ H	2.5"	2.5"	G ₁ G	82.5
G ₁ H-G ₁ G	2.5"	2.5"	G ₁ D	83.0
G ₁ G-G ₁ F	3.0"	4.0"	G ₁ A	83.0
G ₁ F-G ₁ E	3.0"	4.0"	G ₁	83.0
G ₁ E-G ₁ D	3.0"	4.0"	G	89.0
G ₁ D-G ₁ C	3.5"	4.0"		
G ₁ C-G ₁ B	3.5"	4.0"		
G ₁ B-G ₁ A	3.5"	4.0"		
G ₁ A-G ₁	4.0"	4.0"		
G ₁ -G	5.0"	6.0"		

7.3 SISTEMA DE LA RED PRINCIPAL

Estos cálculos seguirán los siguientes pasos:

- Tendido de tubería alrededor de la planta, formando un anillo.
- Instalación de Hidrantes y monitores.
- Instalación de salidas para los sistemas de rociadores.
- Determinación de la entrada para el abastecimiento de agua.
- Determinación de diámetros por tramos, para la red principal.
- Determinación de los caudales requeridos para cada uno de los equipos instalados.
- Cálculo de presiones en las salidas.
- Requerimientos de caudal y presión a la entrada.

Los equipos instalados en la red principal son:

- a) Hidrantes
- b) Monitores - Hidrantes
- c) Sistemas de rociadores

La red principal se ha dividido en tramos, donde se ubican los equipos anteriormente mencionados, y que se detalla en el dibujo Isométrico.

1) Perímetros de la planta:

L = Largo = 140 m

A = Ancho = 90 m

2) Distribución de equipos:

- 3 Hidrantes con dos tomas de 2½ c/u
- 2 Monitores - Hidrantes
- Monitor con Boquilla de 1171
- Hidrantes con salidas de 2½
- 6 Sistemas de rociadores

3) Disposición por tramos:

- Tramo \overline{OA} de 43m
- Tramo \overline{AB} de 5m
- Tramo \overline{BC} de 32m
- Tramo \overline{CD} de 65m
- Tramo \overline{DE} de 30m
- Tramo \overline{EF} de 30m
- Tramo \overline{FG} de 55m
- Tramo \overline{GH} de 15m
- Tramo \overline{HI} de 55m
- Tramo \overline{IJ} de 30m
- Tramo \overline{JK} de 20m
- Tramo \overline{KD} de 80m

* La ubicación de equipos en cada tramo se detallan en el dibujo Isométrico.

4) Bases de diseño:

- a) Presión mínima de salida para Hidrantes y/o monitores, será de 100 psi (lb/pulg²).
- b) Presión mínima de salida para boquillas de mangueras, será de 80 psi (lb/pulg²).

c) Gasto o caudal de salida en orificios:

$$Q = 30 (d^2) (JP)$$

Q ---- GPM

d --- pulg.

p --- presión de salida en psi

d) Velocidad promedio de 9 pies/seg.

Rango : 6 pies/seg. --- 12 pies/seg.

5) Gasto o caudal para cada salida:

El gasto ya se determinó para cada salida de los sistemas de rociadores.

Para los Hidrantes y monitores, se tomará un gasto de 500 GPM (+ el 20% por seguridad) entonces nos darán gastos de 600 GPM.

Entonces los gastos se distribuyen de la siguiente forma:

- Pto. de salida : A -- 176 GPM = 11.13 lps
- Pto. de salida : B -- 600 GPM = 37.9 lps
- Pto. de salida : C -- 264 GPM = 16.7 lps
- Pto. de salida : D -- 600 GPM = 37.9 lps
- Pto. de salida : E -- 176 GPM = 11.13 lps
- Pto. de salida : F -- 600 GPM = 37.9 lps
- Pto. de salida : G -- 572 GPM = 36.2 lps
- Pto. de salida : H -- 600 GPM = 37.9 lps
- Pto. de salida : I -- 308 GPM = 19.5 lps
- Pto. de salida : J -- 308 GPM = 19.5 lps
- Pto. de salida : K -- 600 GPM = 37.9 lps

Que en total hacen un gasto en el pto. "o", de :

$$4,804 \text{ GPM} = 304 \text{ lps}$$

7.3.1 CALCULO DEL SISTEMA

a) Procedimiento a seguir: Método de Hardy Cross
Permitirá determinar el comportamiento hidráulico, dado el diámetro para cada tramo.

b) Fórmulas a emplear:

$$Q = 0.000426 (c) (\emptyset)^{2.63} (s)^{0.54}$$

Q -- lt/seg

\emptyset -- pulg

S -- m/km

C -- 140

$$-\Sigma AQ = \Sigma hf / 1.85 \times \Sigma (hf/Q)$$

hf = pérdida de carga en cada tramo (mt)

Q = caudal de cada tramo en lt/seg.

AQ = cierre de caudal en cada circuito (lt/seg).

ΣAQ = valor que debe ser menor o igual al error de cierre de suma de caudales (0.001)

c) Programa:

Se procedió a realizar los cálculos, apoyándonos en un programa para computadora en BASIC por el método de Hardy Cross, cuyo listado del programa se adjunta.

```

3 READ NM,NT,PA,VMAX,VMIN,PMAX,PMIN
5 DATA 1,12,0.01,12,6,200,100
20 DIM L(NM,NT),Q(NM,NT),C(NM,NT),D(NM,NT),V(NM),H(NM,NT),VT(NM,NT)
24 DIM S(NM,NT),VEL(NM,NT),COTAP(NM,NT),QL(NM,NT)
25 DIM COTAT(NM,NT),HF(NM,NT),PRE(NM,NT),PTOF#(NM,NT),PTOF#(NM,NT),NTHC(NM)
26 FOR I=1 TO NM:FOR J=1 TO NT:READ PTOI#(I,J),PTOF#(I,J):NEXT J:NEXT I
30 FOR I=1 TO NM:READ NTHC(I):NEXT I
31 FOR I=1 TO NM:FOR J=1 TO NT
38 READ D(I,J),L(I,J),Q(I,J),C(I,J),COTAT(I,J)
39 QL(I,J)=Q(I,J)*.06309
40 PRINT D(I,J),L(I,J),Q(I,J),C(I,J),COTAT(I,J),H(I,J):NEXT J:NEXT I
41 LPRINT "          DATOS RELATIVOS A LA RED DE DISTRIBUCION"
42 LPRINT
43 LPRINT
44 LPRINT "          'TUBERIA'          'LONG.'          'COTA DE TERRENO'"
45 LPRINT "          (m.)          inicial          final"
46 LPRINT
47 FOR I=1 TO NM:LPRINT "          MALLA ";I
48 FOR J=1 TO NTHC(I)
49 LPRINT TAB(8);PTOI#(I,J);TAB(10);"-";TAB(12);PTOF#(I,J);TAB(27);USING"###.###"
;L(I,J);
50 J2=J+1
51 IF J2>NTHC(I) THEN J2=J-NTHC(I)+1
52 LPRINT TAB(43);USING "###.###";COTAT(I,J);
53 LPRINT TAB(59);USING "###.###";COTAT(I,J2);
61 NEXT J:NEXT I
62 PRINT "CAMBIA DE HOJA EN LA IMPRESORA PARA EMPEZAR LAS ITERACIONES Y DAME EN
ER":INPUT G$
63 IT=1
65 IND=0
70 FOR I=1 TO NM:SH=0:SR=0
80 FOR J=1 TO NT:IF L(I,J)=0 THEN 130
90 HF(I,J)=1720.282 *L(I,J)*(ABS(QL(I,J))^1.85)/(C(I,J)^1.85)*(D(I,J)^4.87)
100 IF Q(I,J)<0 THEN HF(I,J)=-HF(I,J)
105 S(I,J)=HF(I,J)/L(I,J)
110 SH=SH+HF(I,J)
120 HQ=HF(I,J)/QL(I,J):SR=SR+HQ
130 NEXT J
150 V(I)=-SH/(1.85*SR)
160 NEXT I
170 FOR I=1 TO NM:FOR J=1 TO NT
180 IF L(I,J)=0 THEN 210
187 SI=M(I,J):VT(I,J)=V(I)-V(SI)
200 QL(I,J)=QL(I,J)+VT(I,J):VEL(I,J)=ABS(Q(I,J))/(3.14159*(1.0254*D(I,J))^2/4)/100
210 NEXT J:NEXT I
220 FOR I=1 TO NM:FOR J=1 TO NT
230 IF (ABS(V(I,J))>ABS(PA*QL(I,J)))THEN IND=1
240 NEXT J:NEXT I
250 LPRINT "          HOJA DE CALCULO HIDRAULICO No. ";IT
251 LPRINT
253 LPRINT
260 LPRINT "          'TUBERIA'          ' HF '          ' Q '          'DELTA Q'          'CAUDAL'"
270 LPRINT "          (mts.)          (mt/mt)          (gal/min)          (gal/min)"
275 LPRINT
280 FOR I=1 TO NM
285 LPRINT
290 LPRINT "          MALLA "; I
300 FOR J=1 TO NTHC(I)

```

```

310 LPRINT TAB(0);PTOIT(I,J);TAB(10);"-";TAB(12);PTOF(I,J);TAB(20);USING "###.##";HF(I,J);:LPRINT TAB(30);USING "###.###";G(I,J);:LPRINT TAB(43);USING "###.##";VT(I,J)*15.851;:LPRINT TAB(57);USING "#####.##";C(I,J)*15.851
320 NEXT J:NEXT I
340 INPUT "SEGUIMOS";SS
345 IT=IT+1:IF IND=1 THEN 65
350 PRINT "CALCULO DE PRESIONES"
370 READ PRE(1,12)
380 FOR I=1 TO NT-1
390 IF I=1 THEN 400 ELSE 420
400 PRE(1,1)=PRE(1,12)-HF(1,1)
410 GOTO 430
420 PRE(1,I)=PRE(1,I-1)-HF(1,I)
430 COTAP(1,I)=PRE(1,I)+COTAT(1,I)
440 NEXT I
505 LPRINT "
                                HOJA DE CALCULO HIDRAULICO FINAL"
506 LPRINT
507 LPRINT
510 LPRINT " 'TUBERIA'      'LONG.'      'DIAM.'      'C'      'COTAS'      'VELOC.'
"
520 LPRINT "
                                (m.)      (pulg)      HAZEN      (gal/min)      (pies/sg."
"
531 LPRINT
534 FOR I=1 TO NM:LPRINT "
                                MALLA ";I
535 FOR J=1 TO NTMC(I):IF L(I,J)=0 THEN 580
536 LPRINT TAB(4);PTOIT(I,J);TAB(6);"-";TAB(8);PTOF(I,J);TAB(15);USING "###.###";L(I,J);:LPRINT TAB(28);D(I,J);TAB(30);C(I,J);TAB(47);USING "#####.##";C(I,J)*15.851;
537 LPRINT TAB(62);USING "###.##";VEL(I,J)*3.2808;
538 IF VEL(I,J)*3.2808<VMIN THEN LPRINT TAB(68);"!";
539 IF VEL(I,J)*3.2808>VMAX THEN LPRINT TAB(69);"!";
550 NEXT J:NEXT I
585 LPRINT
590 LPRINT " * Velocidades menores de ";VMIN;" pies/sg."
600 LPRINT " ** Velocidades mayores de ";VMAX;" pies/sg."
530 PRINT "PON OTRO PAPEL PARA SEGUIR IMPRIMIENDO Y PRESIONA ENTER":INPUT G$
635 LPRINT "
                                HOJA DE CALCULO HIDRAULICO FINAL"
636 LPRINT
637 LPRINT
638 LPRINT " 'TUBERIA'      'COTAS DE SALIDA'      'COTAS PIEZOM.'      'PRESIONES' "
639 LPRINT "
                                inicial      final      inicial      final      inicial      final
"
640 LPRINT
641 FOR I=1 TO NM:LPRINT "
                                MALLA ";I
645 FOR J=1 TO NTMC(I):IF L(I,J)=0 THEN 690
650 J2=J+1
651 IF J2>NTMC(I) THEN J2=J-NTMC(I)+1
655 LPRINT TAB(4);PTOIT(I,J);TAB(6);"-";TAB(8);PTOF(I,J);TAB(16);COTAT(I,J);:LPRINT TAB(25);COTAT(I,J2);TAB(35);USING "#####.##";COTAP(I,J);:LPRINT TAB(44);USING "#####.##";COTAP(I,J2);
675 LPRINT TAB(54);USING "###.###";PRE(I,J);
677 IF PRE(I,J)<PHIN THEN LPRINT TAB(61);"!";
680 IF PRE(I,J)>PMAX THEN LPRINT TAB(61);"!";
682 LPRINT TAB(65);USING "###.###";PRE(I,J2);
685 IF PRE(I,J2)<PHIN THEN LPRINT TAB(70);"!";
687 IF PRE(I,J2)>PMAX THEN LPRINT TAB(70);"!";
690 NEXT J:NEXT I
694 LPRINT " * Presiones menores de ";PHIN;" psi"
695 LPRINT " ** Presiones mayores de ";PMAX;" psi"
696 PRINT " UFF! Por fin terminamos "
697 END

```

d) Cálculo por tramos:

1) Tramo \overline{OA}

$$Q = 2,658.20 \text{ GPM} = 168.24 \text{ lps}$$

$$S = 0.032 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 10''$$

$$S = 0.032$$

$$hf = 1.394 \text{ m}$$

$$L = 43 \text{ m}$$

$$hf/Q = 1.394/2,658.2 = 5.244 \times 10^{-4}$$

2) Tramo \overline{AB}

$$Q = 2,482.20 \text{ GPM} = 157.10 \text{ lps}$$

$$S = 0.029 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 10''$$

$$S = 0.029$$

$$hf = 0.143 \text{ m}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$hf/Q = 0.143/2,482.2 = 5.761 \times 10^{-5}$$

3) Tramo \overline{BC}

$$Q = 1,882.17 \text{ GPM} = 119.12 \text{ lps}$$

$$S = 0.017 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 10''$$

$$S = 0.017$$

$$hf = 0.548 \text{ m}$$

$$L = 32 \text{ m}$$

$$hf/Q = 0.548/1,882.17 = 2.911 \times 10^{-4}$$

4) Tramo \overline{CD}

$$Q = 1,618.16 \text{ GPM} = 102.42 \text{ lps}$$

$$S = 0.013 \text{ m/m}$$

$$\varnothing = 10''$$

$$S = 0.013$$

$$hf = 0.842 \text{ m}$$

$$L = 65 \text{ m}$$

$$hf/Q = 0.842/1,618.16 = 5.203 \times 10^{-4}$$

5) Tramo \overline{DE}

$$Q = 1,018.14 \text{ GPM} = 64.43 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 8''$$

$$S = 0.016$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$hf/Q = 0.489/1,018.14 = 4.802 \times 10^{-4}$$

$$S = 0.016 \text{ m/m}$$

$$hf = 0.489$$

-4

6) Tramo \overline{EF}

$$Q = 842.12 \text{ GPM} = 53.29 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 6''$$

$$S = 0.047$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$hf/Q = 1.398/842.13 = 1.66 \times 10^{-3}$$

$$S = 0.047 \text{ m/m}$$

$$hf = 1.398 \text{ m}$$

-3

7) Tramo \overline{FG}

$$Q = 242.11 \text{ GPM} = 15.32 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 4''$$

$$S = 0.034$$

$$L = 55 \text{ m}$$

$$hf/Q = 1.848/242.11 = 7.632 \times 10^{-3}$$

$$S = 0.034 \text{ m/m}$$

$$hf = 1.848 \text{ m}$$

-3

8) Tramo \overline{GH}

$$Q = -329.91 \text{ GPM} = -20.88 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 4''$$

$$S = -0.059$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$hf/Q = -0.884/-329.91 = 2.679 \times 10^{-3}$$

$$S = -0.059 \text{ m/m}$$

$$hf = -0.884 \text{ m}$$

-3

9) Tramo HI

$$Q = -929.94 \text{ GPM} = 58.85 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 6''$$

$$S = -0.056$$

$$L = 55 \text{ m}$$

$$S = -0.056 \text{ m/m}$$

$$hf = -3.068 \text{ m}$$

$$hf/Q = -3.068 / -929.94 = 3.299 \times 10^{-3}$$

10) Tramo \overline{IJ}

$$Q = -1237.95 \text{ GPM} = -78.35 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 8''$$

$$S = -0.023$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$S = -0.023 \text{ m/m}$$

$$hf = -0.700 \text{ m}$$

$$hf/Q = -0.700 / -1,237.95 = 5.654 \times 10^{-4}$$

11) Tramo \overline{JK}

$$Q = -1,545.96 \text{ GPM} = -97.84 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 10''$$

$$S = -0.012$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$S = -0.012 \text{ m/m}$$

$$hf = -0.238 \text{ m}$$

$$hf/Q = -0.238 / -1,545.96 = 1.539 \times 10^{-4}$$

12) Tramo \overline{KO}

$$Q = -2,145.9 \text{ GPM} = -135.8 \text{ lps}$$

$$\varnothing = 10''$$

$$S = -0.022$$

$$L = 80 \text{ m}$$

$$S = -0.022 \text{ m/m}$$

$$hf = 1.744 \text{ m}$$

$$hf/Q = -1.744 / -2,145.99 = 8.126 \times 10^{-4}$$

13) Calculamos Σhf :

Sumatoria de la pérdida de carga para todos los tramos:

$$\Sigma hf = 0.028 \text{ m}$$

14) Calculamos $\Sigma(hf/Q)$:

Sumatoria de la pérdida de carga entre el caudal tramo por tramo: $\Sigma (hf/Q) = 0.0186$

15) Utilizando la fórmula:

$$AQ = -\Sigma hf / 1.85 \Sigma (hf/Q) = 0.028 / 1.85(0.0186) = -0.81$$

16) Calculo de presiones (Con el Programa)

a) Tramo \overline{OA}	$P_o = 108.606 \text{ Psi}$ $P_a = 108.463 \text{ Psi}$
b) Tramo \overline{AB}	$P_b = 107.915 \text{ Psi}$
c) Tramo \overline{BC}	$P_c = 107.073 \text{ Psi}$
d) Tramo \overline{CD}	$P_d = 106.584 \text{ Psi}$
e) Tramo \overline{DE}	$P_e = 105.186 \text{ Psi}$
f) Tramo \overline{EF}	$P_f = 103.339 \text{ Psi}$
g) Tramo \overline{FG}	$P_g = 104.222 \text{ Psi}$
h) Tramo \overline{GH}	$P_h = 107.291 \text{ Psi}$
i) Tramo \overline{HI}	$P_i = 107.991 \text{ Psi}$
j) Tramo \overline{IJ}	$P_j = 108.228 \text{ Psi}$
k) Tramo \overline{KO}	$P_o = 108.606 \text{ Psi}$

DATOS RELATIVOS A LA RED DE DISTRIBUCION

CUADRO N° 11

TUBERIA	LONGITUD (M)	COTA DE TERRENO	
		INICIAL	FINAL
O-A	43.0	0.0	0.0
A-B	5.0	0.0	0.0
B-C	32.0	0.0	0.0
C-D	65.0	0.0	0.0
D-E	30.0	0.0	0.0
E-F	30.0	0.0	0.0
F-G	55.0	0.0	0.0
G-H	15.0	0.0	0.0
H-I	55.0	0.0	0.0
I-J	30.0	0.0	0.0
J-K	20.0	0.0	0.0
K-O	80.0	0.0	0.0

HOJA DE CALCULO HIDRAULICO N° 1

CUADRO N° 12

TUBERIA (M)	"hf" (M)	"S" (M/M)	"DELTA Q" (GPM)	"CAUDAL" (GPM)
O-A	1.434	0.033	-41.09	2659.02
A-B	0.147	0.029	-41.09	2483.01
B-C	0.570	0.018	-41.09	1882.99
C-D	0.882	0.014	-41.09	1618.98
D-E	0.526	0.018	-41.09	1018.95
E-F	1.526	0.051	-41.09	842.95
F-G	2.467	0.045	-41.09	242.92
G-H	-0.690	-0.046	-41.09	-329.10
H-I	-2.822	-0.051	-41.09	-929.12
I-J	-0.658	-0.022	-41.09	-1237.14
J-K	-0.226	-0.011	-41.09	-1545.15
K-O	-1.682	-0.021	-41.09	-2145.17

HOJA DE CALCULO HIDRAULICO FINAL

CUADRO N° 13

TUBERIA (M)	"LONG." (M)	"DIAM." (pulg)	"VELOCIDAD" (pies/seg)
O-A	43	10	10.86
A-B	5	10	10.14
B-C	32	10	7.69
C-D	65	10	6.61
D-E	30	8	6.50
E-F	30	6	9.56
F-G	55	4	6.18
G-H	15	4	8.42
H-I	55	6	10.55
I-J	30	8	7.90
J-K	20	10	6.31
K-O	80	10	8.77

HOJA DE CALCULO HIDRAULICO FINAL

CUADRO N° 14

TUBERIA (M)	"CAUDAL" (GPM)	PRESIONES	
		inicial (psi)	final (psi)
O-A	43	108.606	108.463
A-B	5	108.463	107.915
B-C	32	107.915	107.073
C-D	65	107.073	106.584
D-E	30	106.584	105.186
E-F	30	105.186	103.339
F-G	55	103.339	104.222
G-H	15	104.222	107.291
H-I	55	107.291	107.991
I-J	30	107.991	108.228
J-K	20	108.228	110.000
K-O	80	110.000	108.606

7.4 BOMBAS CONTRA INCENDIO

7.4.1 CARACTERISTICAS

Nuestro diseño, contará con tres bombas actuadas por motor eléctrico, y dos por motor de combustión interna o turbina de vapor.

Las bombas deberán ser del tipo centrífugo y cuando sean horizontales de preferencia de caja bipartida.

La capacidad de las bombas del sistema, para agua del servicio contra incendio, debe ser tal que permita mantener los gastos y presiones requeridos para combatir el incendio de un riesgo mayor existente en la planta, de acuerdo a la siguiente tabla:

CAPAC.NOMI.	GPM	250	500	750	1,000	1,500	2,000	2,500
DE LA BOMBA	LPS	16	31	47	63	94	126	158
Nº DE TOMAS	2½"	1	2	3	4	6	6	8
DE Ø P/MAN.	1½"	3	6	9	12	18	18	24

En la línea de descarga de la bomba y en el sentido del flujo debe instalarse una válvula de retención, seguida de una válvula de compuerta, de preferencia de vástago ascendente.

La bomba y el motor deben estar fijos a una base común de acero, a fin de asegurar el alineamiento adecuado para evitar el calentamiento en los cojinetes, desgaste en las chumaseras, pérdida de eficacia de la bomba, rotura de flecha etc.

Los motores eléctricos deben ser trifásicos, de

corriente alterna, a prueba de explosión, de inducción tipo jaula de ardilla, y de la potencia mínima.

De preferencia deberá existir un sistema automático de arranque de los motores eléctricos que los ponga en servicio escalonadamente al descender la presión de agua en la red por debajo del mínimo fijado.

Las bombas deberán estar provistas de un manómetro en la descarga de escala adecuada, de acuerdo con la presión de la bomba, tanto las bombas y sus motores deberán tener una placa donde consten sus características principales.

Las líneas eléctricas de fuerza y control deben ser subterráneas y entubadas hasta la conexión a los motores de las bombas. Los dispositivos de control e interruptores de los motores deben de instalarse dentro de compartimientos que los protejan de cualquier daño físico.

Debe instalarse una lámpara piloto de 115 voltios conectada en la línea del arrancador y colocada próxima al sitio en que se arranca el motor, para indicar que hay energía eléctrica disponible.

La casa o cuarto de Bombas contra incendio, deberán de ser de materiales no combustibles y situadas y construidas de tal manera que no exista riesgo de explosión o de incendio en las cercanías, ni daños por factores metereológicos.

El tanque de combustible debe contener cantidad suficiente del mismo para una operación continua durante 8 horas.

Si se trata de gasolina, no es necesario que sea de alto octanaje, pudiendo ser renovado periódicamente. Las bombas contra incendio se probarán por lo menos quincenalmente a su presión y gastos normales, y una vez al año se probarán al 150% de su capacidad.

La presión de la descarga con el gasto previsto, deberá ser mayor de 100 lb/pul². La curva característica de la bomba, deberá ser tal, que con un gasto de 150%, la presión de la descarga no sea menor de 65% de la presión normal. Ver anexo.

7.4.2 SELECCION DE LA BOMBA C.I.

a) Consideraciones:

- Se utilizarán en total 4 bombas :
 - 2 Bombas a motor eléctrico de 2,500 GPM c/u
 - 2 Bombas a motor Diesel de 2,500 GPM c/u
- El caudal total necesario es de 5,000 GPM repartidos en dos bombas de 2,500 GPM c/u
- Las bombas a motor Diesel a utilizar serán para el caso de emergencia en las que no se cuente con fluido eléctrico.
- Para proporcionar la presión necesaria en nuestro sistema, utilizaremos un Presóstato automático que se accionará cuando la caída de presión sea menor que la necesaria.(110psi)

b) Capacidad de la Cisterna

- Se considera que el incendio ocurra en el punto o lugar más desfavorable, como son las salidas F y G

Caudal en F - 600 GPM

Caudal en G - 572 GPM

1,172 GPM = 74 lps

- La cisterna contendrá un volumen de agua necesario para un combate durante dos horas como mínimo (pero que se llenará continuamente)
- El volumen de la cisterna será de :

74 lt ----- 1 seg

X ----- 7,200 seg

$$X = 532,800 \text{ lts} = 533 \text{ m}^3$$

- Las dimensiones de la cisterna serán de :

Largo = 20 mts

Ancho = 10 mts

Altura = 3 mts

que puede almacenar hasta 600 m³ de agua

- Si el incendio ocurriese en toda la planta (Cosa que es algo remoto) nuestro sistema está diseñado para funcionar con la presión necesaria, y con el mismo volumen de almacenamiento de agua, por un promedio de

tiempo de 1/2 hora . Despues de este tiempo serán casi imposible apagar el incendio, y se tendria que tomar medidas de evacuación general, inclusive antes de agotarse las reservas.

c) Curva y potencia de la bomba.

- Se cumplirá que cuando el gasto sea cero la presión debe ser del 120% de la carga total y para un gasto de 150%, la presión de descarga no sea menor del 65% de la presión normal (Ver gráfico)
- Según nuestro requerimiento del gasto total que es de 2,500 Gpm, según norma se requiere una potencia en el motor no menor de 200 Hp, como apreciamos en el siguiente cuadro:

CAPACI.NOMI. GPM	250	500	750	1000	1500	2000	2500
DE LA BOMBA LPS	16	31	47	63	94	126	158
POTENCIA DEL MOTOR (HP)					125	150	200

d) Conclusiones:

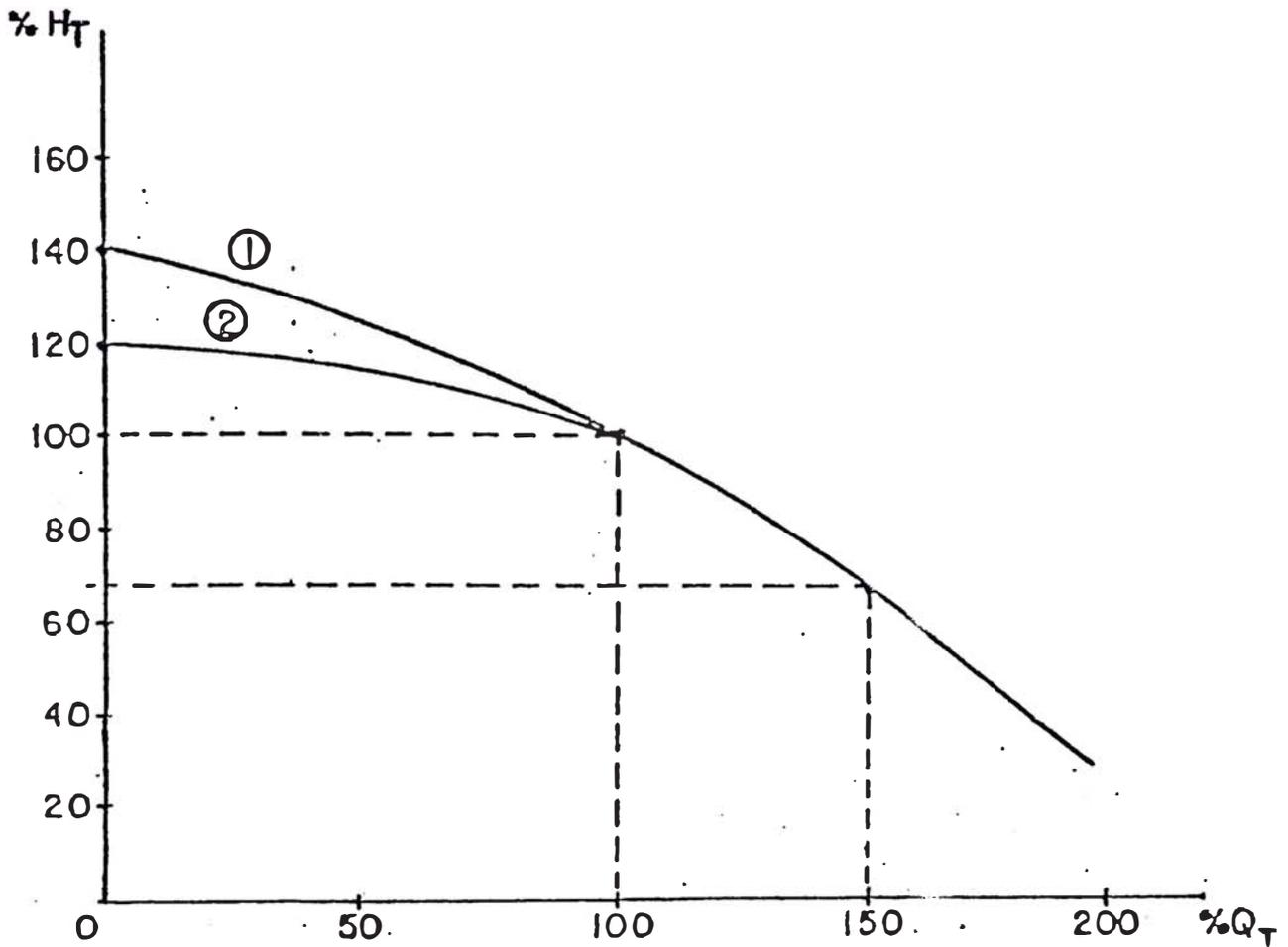
La electro bomba contará con los siguientes instrumentos de control:

- Lámpara indicadora de arranque automático o manual
- Alarma por falla en el arranque de la unidad.

- Interruptor de presión instalado en la línea de descarga de la bomba, ajustada para alta y baja presión
- La bomba se instalará para poder ser accionada automática o en forma manual.

CURVA CARACTERISTICA DEL IMPULSOR

(INDICANDO LOS PUNTOS MAS IMPORTANTES QUE DEBEN CUMPLIR LAS BOMBAS EN CUANTO A CARGA Y GASTO)



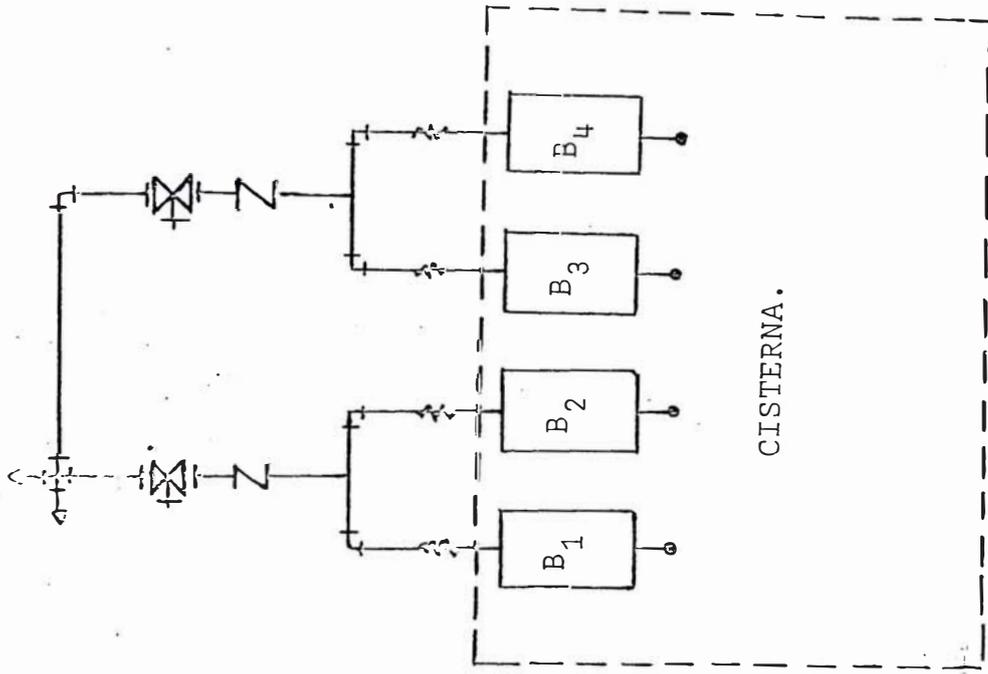
H_T = CARGA TOTAL

Q_T = GASTO TOTAL

① = BOMBA TURBINA VERTICAL

② = BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL

CUARTO DE BOMBAS



Legenda

Válvula de retención.

Junta expansión.

Válvula de compuerta.

Codo 90°

Curz

Tee

B₁, B₂, B₃, B₄, Bombas 2500 GPM y 200HP c/u.

CAPITULO VIII :

COSTO DE INVERSION

8.1 METRADO PRESUPUESTO:

METRADO-PRESUPUESTO						
PART	DESCRIPCION	UN	CAN	COSTOS MI/.)		
				UNIT	PARCIAL	TOTAL
1.00	ALIMENTACION					
01	TUBERIA F.G. Ø 12", CLASE A-10, INCLUYE PRUEBA HIDROSTATICA.	ML	4.8	1,035	4,968	
02	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE BRIDADA Ø 12", CLASE A-10.	UN	1	11,700	11,700	
03	VALVULA DE FLGTADOR DE BRONCE BRIDADA Ø 12", CLASE A-10.	UN	1	10,500	10,500	
						27,168
2.00	SUCCION-IMPULSION					
01	TUBERIA DE F.G. Ø 12" CLASE A-10, PROTEGIDA CON PINTURA ANTICORROSIVA.	ML	3	1,035	3,105	
02	TUBERIA DE F.G. Ø 12" EN LINEA DE IMPULSION, CLASE A-10.	ML	8	1,035	8,280	
03	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE BRIDADO Ø 12" CLASE A-10.	UN	3	11,700	35,100	
04	VALVULA CHECK BRIDADO Ø 12" CLASE A-10.	UN	3	5,500	16,500	
05	VALVULA DE PIE CON CANAS-TILLA DE SUCCION F.G. Ø 12" CLASE A-10.	UN	3	10,500	31,500	
						94,485
3.00	DISTRIBUCION					
3.01	RED PRINCIPAL					
01	TUBERIA F.G. Ø 4" CLASE A-10	ML	70	45	3,150	
02	TUBERIA F.G. Ø 6" CLASE A-10	ML	55	67	3,685	
03	TUBERIA F.G. Ø 8" CLASE A-10	ML	60	95	5,700	
04	TUBERIA F.G. Ø 10" CLASE A-10	ML	245	120	29,400	
						41,935

METRADO-PRESUPUESTO

PART	DESCRIPCION	UN	CAN	COSTOS(MI/.)		
				UNIT	PARCIAL	TOTAL
06	VALVULA DE COMPUERTA BRIDA- DA DE BRONCE CON VASTAGO SALIENTE Ø 4", CLASE A-10.	UN	1	1,600	1,600	
07	VALVULA DE COMPUERTA BRIDA- DA DE BRONCE CON VASTAGO SALIENTE Ø 6", CLASE A-10.	UN	1	2,992	2,992	
08	VALVULA DE COMPUERTA BRIDA- DA DE BRONCE CON VASTAGO SALIENTE Ø10", CLASE A-10.	UN	3	7,700	23,100	
						27,692
3.02	SISTEMA DE ROCIADORES					
01	TUBERIA DE F.G. Ø 1", CLASE A-10.	ML	27	4.8	129.6	
02	TUBERIA DE F.G. Ø 1.5" CLASE A-10.	ML	35	13.3	465.5	
03	TUBERIA DE F.G. Ø 2", CLASE A-10.	ML	38	10.0	684.0	
04	TUBERIA DE F.G. Ø 2.5" CLASE A-10.	ML	47	20.0	940.0	
05	TUBERIA DE F.G. Ø 4", CLASE A-10.	ML	94	44.5	4,183.0	
06	TUBERIA DE F.G. Ø 6", CLASE A-10.	ML	24	55.5	1,332.0	
						7,736
4.00	EQUIPOS					
01	ROCIADORES 1H7 DEL SPAYING SYSTEM, CON 80 Psi DE PRESION Y 22 Gpm DE SALIDA	UN	82	12	984	
02	SISTEMA DE ALARMA AUTOMATI- CA (AVISADOR)	UN	6	18	108	
03	ELECTROBOMBA Q=250 Gpm, 200 Hp, 110 Psi	UN	4	26,100	104,400	
04	HIDRANTES DE DOS SALIDAS DE 2.5" C/U, 500 Gpm	UN	3	1,667	5,001	
05	MONITORES-H BOQUILLA 1.5", 500 Gpm	UN	2	10,680	21,360	
						126,852
	COSTO DE INVERSION					
	TOTAL (MI/.)					325,868
	AGOSTO DE 1989					
	INCLUYE I.G.V					

CAPITULO IX:

CONCLUSIONES Y ANEXOS

CONCLUSIONES

1. Por medidas de diseño e ingeniería debe preverse que el calentamiento de los materiales se mantienen dentro del límites de seguridad, cada tanque de almacenamiento debe estar previsto con un termómetro con carátula visible.
2. La capacidad de las bombas debe seleccionarse de manera suficiente, para evitar un calentamiento excesivo, también debe preverse su protección contra los trabajos en vacío.
3. Para sistemas de recirculación de productos, se permite únicamente tubos de presión certificada. Para evitar fugas hay que probar la tubería con presión 1.5 veces más alta que la del trabajo. En lugares poco visibles o en donde no se aprecia claramente la trayectoria de las tuberías, estas deben marcarse para su fácil identificación.
4. Por medidas de diseño y de Ingeniería debe evitarse el calentamiento excesivo de baleros o chumaceras. Para evitar calor por fricción debe mantenerse una distancia mínima entre aspa y pared del tanque de 50 centímetros.
5. El equipo eléctrico debe ser a prueba de explosión, si se manejan materiales con un punto de inflamación menor de 40°C.

6. De acuerdo a los reglamentos se recomiendan las ejecuciones siguientes:
 - a) Elementos de mando a prueba de explosión, si están juntos al aparato por controlar.
 - b) Tablero de control eléctrico afuera del cuarto de destilación.
 - c) Alarma a prueba de explosión en el cuarto de destilación y señal luminosa en el tablero para señalización de fallas. Una señal luminosa indica que aparato está fallando.
7. Equipar los cuartos que están dentro de la planta con una instalación de ventilación funcional.

El flujo de aire debe ser de arriba hacia abajo sin que se presente chiflón. Preveer un promedio de cinco cambios por día para evitar presencia de mezclas vapor de hidrocarburos / aire en una concentración peligrosa.
8. Deben instalarse compuertas de seguridad contra incendio en los ductos de ventilación.
9. En los cuartos pequeños deben haber extinguidores portátiles, del tipo PQS.
10. Para cuartos grandes se recomienda sistema contra incendio. Además debe preverse acción del sistema por afuera de los cuartos.
11. Una vez accionado el sistema contra incendio deberán desconectarse los siguientes dispositivos:
 - a) Los cuartos deben quedar sin corriente eléctrica.

La luz de emergencia, señales de alarma y dispositivos de seguridad pueden quedar alimentados con corriente.

b) Debe interrumpirse alimentación de aire comprimido al cuarto.

c) Las compuertas contra incendio en el sistema de ventilación deben cerrarse para evitar que por descarga residual de los ventiladores llegue más aire fresco al lugar del incendio.

12. Algunos riesgos que pueden generar peligros de explosión y que debemos evitar:

a) Superficies calientes

b) Flama abierta o gases calientes

c) Chispas de carácter mecánico

d) Instalaciones eléctricas

e) Electricidad estática

f) Altas concentraciones de gases.

g) Otros .

BIBLIOGRAFIA

1. Domínguez, Ramón E., Distribución y Cálculo de Redes Hidráulicas, Operaciones Contra Incendio, Universidad de Texas A. y M. Austintex. 1977.
2. Catálogo de la Compañía Elkhart, Elkhart Fire Fighting Equipment Elkhart Brass Mfg. Co. Inc., Elkhart, Indiana, 1976.
3. Catálogo de la Compañía Crane, Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe, Crane Co., 16th. ed., Chicago, Illinois, 1976.
4. PEMEX, Clasificación de Areas Peligrosas y Selección de Equipo.
5. PEMEX, Protección Contra Incendio de las Instalaciones de Proceso Petróleos Mexicanos, México, 1984.
6. Perry, R.H. y C.H. Chilton, Manual del Ingeniero Químico, 2a. ed., Mc Graw Hill, México, 1982.
7. Rase, H. F. y M. H. Barrow, Ingeniería de Proceso Para Plantas de Proceso, C. E. C. S. A. , México, 1984.
8. Catálogo de la Compañía Spraying Systems, Spraying Systems Co., Bellwood, Illinois, 1976.
9. Streeter, V. L. y E. B. Wylie, Mecánica de los Fluidos, 6a. ed., México, 1979.
10. BOMBAS - SU SELECCION Y APLICACION - Tyler G. Hicks,

BMG Compañía Editorial Continental, S.A. México, 22

D.F. 2da. Impresión - Febrero 1961.

11. NATIONAL AER-O-FOAM Manual - Printed by National Foam System, Inc. West Chester, PA.
12. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTOS DE OBRAS "Sistemas para agua de Servicio Contra Incendio" - Norma Nº 2.607.21 - 2da. Edición 1974 - PETROLEOS MEXICANOS (PEMEX)
13. NATIMAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, Manual de Protección contra incendios. Madrid, MAPFRE, 1978.
14. BAYON R. La protección contra incendios en la construcción. Barcelona, Edit. Técnicos Asociados, 1978.
15. Los Detectores de Incendios en la Industria Química. Nota No. 242 (Traducción de la Note Document. 362-34-64)
16. BIRCHALL, J.D. The Classification of Fire hazards and extinction methods(2da edición), London, Ernest Benn, 1961.