

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Reingeniería Del Sistema Contra Incendios para La Refinería
La Libertad”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Williams Ruben Naranjo Rosales

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2003

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo, de manera especial al Ing Angel Figueroa de Petroindustrial, de igual manera al Ing. Manuel Helguero, director de tesis, por su gran respaldo en la realización de este trabajo.

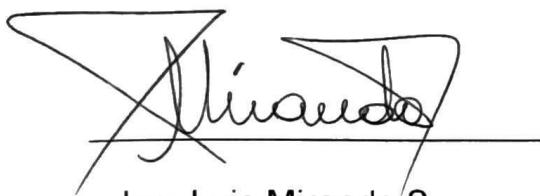
DEDICATORIA

MIS PADRES

MI TIA

MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Luis Miranda S.
DELEGADO POR EL
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Manuel Helguero G.
DIRECTOR DE TESIS

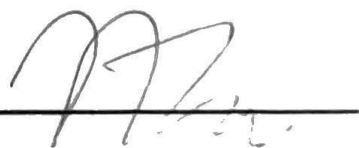


Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Williams Naranjo Rosales

RESUMEN

La refinería "La Libertad " tiene tres unidades principales que son:

- .- La Libertad
- .- Cautivo
- .- Crucita.

El sistema contra incendios que se tiene actualmente en refinería, presenta deficiencias, por ejemplo, el sistema no es autónomo, es decir el suministro de agua utilizado para enfriamiento de tanques en caso de incendio, se reparte entre varias plantas, también podemos citar cambios de diámetro en la tubería principal , todo esto produce un déficit tanto de presión como de flujo, por tal motivo el Departamento de Proyectos de la Refinería decidió la construcción de un nuevo sistema, cuyo proyecto se ha dividido en dos partes que son:

- .-Subsistema "La Libertad - Crucita"
- .-Subsistema "Cautivo"

A pedido del Departamento de Proyectos de la Refinería, lugar en el que me encuentro de pasante, se me encomendó desarrollar el diseño del proyecto a realizarse sobre el primer subsistema contra incendio "La Libertad - Crucita"

De esta manera la finalidad de este estudio, es dotar a la refinería de un sistema independiente y que garantice una respuesta rápida en caso que ocurra un incendio, con aplicación de normas de seguridad para

instalaciones petroleras acogidas por el Departamento de Seguridad Industrial de PETROECUADOR basadas en las normas NFPA.

Este estudio presenta la parte ingenieril para solucionar el problema, ya que en instalaciones petroleras se tiene que diseñar sistemas de extinción y de enfriamiento.

En lo que se refiere a sistema de extinción se seleccionara el medio extinguidor, la cantidad que se utilizara en un incendio y su forma de uso. Con respecto al sistema de enfriamiento, se dimensionara el reservorio de agua como medio de abastecimiento, se seleccionara tuberías y su sistema de distribución, así como el diseño del sistema de bombeo y la forma de activación de este sistema.

Como resultado de este trabajo se presentan los diferentes planos para la construcción, planos de montaje, lista de materiales, equipos requeridos y costo del proyecto, que servirán como referenciales para la convocatoria para la licitación de la obra SUBSISTEMA CONTRA INCENDIOS “LA LIBERTAD - CRUCITA”, además se presentara la manera como operara este sistema con el objetivo de instruir a los brigadistas como deben actuar en caso de un posible incendio

Por medio de este trabajo se darán las condiciones técnicas para la oferta y licitación de la construcción del sistema contra incendios, y se presentara la manera como operara este sistema, con el fin de tener mayor seguridad industrial en las unidades “La Libertad” y “Crucita” de la refinería.

ABREVIATURAS

AFFF	Espuma de Pelicula Acuosa
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
BPD	Barriles de Petróleo por Día
FP	Espuma Flouoroproteinica
Gal	Galones
GLP	Gas Licuado de Petróleo
gpm	Galones por minuto
Hp	Potencia
Hz	Hertz
JP	Combustible para Turbinas de Aviación
Kg	Kilogramos
m	Metro
mts.	Metros
m/s	Metros por segundo
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
min	Minutos
MPa	Megapascuales
mts.	Metros
NFPA	National Fire Protection Agency
PQS	Polvo Químico Seco
psi	Libras por Pulgada Cuadrada
pulg	Pulgadas
rpm	Revoluciones por minuto

SIMBOLOGIA

A_c	Área de Cobertura
BHP	Potencia requerido por el sistema de accionamiento
Bowl HP	Potencia requerida por la bomba
C	Constante en la Formula de Hazen Williams para tuberías
D_{AC}	Diámetro de tubería agua - concentrado
D_{ACC}	Diámetro ramal de Tubería
D_E	Diámetro de tubería - espuma
D_I	Diámetro del Tanque Incendiado
D_S	Diámetro de tubería seleccionado
e	Factor de llenado del tanque
H_B	Cabezal Tazón
H_D	Cabezal de Descarga
HH/Ton	Horas hombre por tonelada
H_L	Perdida de presión
$H_{L/100}$	Perdida de presión por cada 100 pies
H_P	Perdidas internas de la bomba
NA	No aplicable
P / Q_0	Presión a cero flujo
$P_1 - P_2$	Caída de presión a través de la tubería
Q_{150} / P_{65}	150 % de capacidad nominal a 65% de presión nominal
Q_A	Requerimiento de agua para sistema de extinción
Q_{AA}	Cantidad de agua para Protección Adicional
Q_{AE}	Caudal Requerido para enfriamiento de Tanques
Q_{CE}	Requerimiento de Concentrado de espuma para tanque incendiado
Q_E	Consumo de agua para Enfriamiento

Q_{EA}	Cantidad de Concentrado para Protección Adicional
Q_{ET}	Cantidad de Concentrado Total
Q_I	Caudal Requerido para enfriamiento de tanque incendiado
Q_I	Caudal Requerido para enfriamiento de tanque incendiado
Q_P	Caudal a través de la tubería principal
Q_S	Caudal a través de la tubería secundaria
R	Recomendada
RL	Recomendada con limitaciones
SC.	Tanques del Sector Crucita
SL	Tanques del Sector La Libertad
T_A	Tasa de Aplicación
t_d	Tiempo de Descarga
U	Unidad
V_R	Capacidad del Reservorio
η	Eficiencia de la bomba
#T	Numero de Tambores de Espuma
\$	Dólares Americanos
%	Porcentaje
% a	Porcentaje de Agua
% c	Porcentaje de Concentrado

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Ubicación Geográfica de Refinería “La Libertad”	3
Figura 1.2	Planta De Destilación “Parsons” Y “Universal”	4
Figura 1.3	Planta de Destilación “Cautivo”	5
Figura 1.4	Implantación General de La Refinería	6
Figura 1.5	Proceso de Refinación del Petróleo	12
Figura 2.1	Triangulo del Fuego	29
Figura 2.2	Pirámide del Fuego	29
Figura 2.3	Muros de Contención	36
Figura 2.4	Tanque Incendiado	40
Figura 3.1	Selección de Cuadrante de Mayor Consumo	52
Figura 3.2	Esquema de Bomba Centrifuga Vertical	55
Figura 3.3	Cámara de Espuma	61
Figura 3.4	Inyección de Espuma en Tanques de Techo Cónico	65
Figura 3.5	Método de Descarga en Tanques de Techo Flotante	67
Figura 4.1	Rugosidad Relativa de los materiales de las tuberías	90
Figura 4.2	Factores de Fricción para todo tipo de tubería	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Altura sobre el Nivel del Mar entre Unidades	7
Tabla 2	Producción diaria de La Refinería La Libertad	18
Tabla 3	Velocidad del Viento en La Libertad	38
Tabla 4	Distancia entre Soportes	58
Tabla 5	Flujo de Pitones a Presión Nominal de 0.98 Mpa (100psi)	59
Tabla 6	Espaciamientos y Localización de Hidrantes	59
Tabla 7	Flujo de Monitores en función de sus Diámetros	60
Tabla 8	Sistema de Espuma	62
Tabla 9	Numero de Cámaras de Espuma en Función del Diámetro	66
Tabla 10	Tipo de Concentrado y Métodos de Aplicación	70
Tabla 11	Duración Mínima de la descarga de Espuma	72
Tabla 12	Protección Adicional con Mangueras	74
Tabla 13	Tasa de Aplcacion de Agua	84
Tabla 14	Datos de Análisis al Tanque 9	84
Tabla 15	Tamaño Mínimo de Tubería de Acuerdo a NFPA 20	93
Tabla 16	Clasificación de Tanques en función de Diámetros	95
Tabla 17	Diámetro de Tubería Seleccionado para Sistema de Agua Pulverizada	97
Tabla 18	Diámetro de Tubería para Descarga sobre el Techo Existentes en Refinería	98
Tabla 19	Diámetro de Tubería Seleccionado para Descarga sobre el Techo	98
Tabla 20	Rango de Trabajo de las Motobombas	100
Tabla 21	Flujo Agua-Concentrado y Espuma para Tanques de Techo Cónico.	101
Tabla 22	Selección de Tuberías Agua-Concentrado y Espuma para Tanques de Techo Cónico	102
Tabla 23	Tuberías Agua-Concentrado y Espuma para Tanques de Techo Cónico existentes en refinería	102
Tabla 24	Velocidad de Espuma vs. Flujo de Espuma	104
Tabla 25	Flujo Agua-Concentrado y Espuma para Tanques de Techo Flotante.	104

Tabla 26	Selección de Tuberías Agua-Concentrado y Espuma para Tanques de Techo Flotante	105
Tabla 27	Carta de Selección de Bomba 2500 gpm	108
Tabla 28	Curvas de Funcionamiento de la Bomba Principal	109
Tabla 29	Selección de la Bomba Principal	110
Tabla 30	Carta de Selección de Bomba Jockey	112
Tabla 31	Plan de Acción para SL1	115
Tabla 32	Plan de Acción para SL2	116
Tabla 33	Plan de Acción para SL3	116
Tabla 34	Plan de Acción para SL4	117
Tabla 35	Plan de Acción para SL5	117
Tabla 36	Plan de Acción para SL6	118
Tabla 37	Plan de Acción para SC1	118
Tabla 38	Plan de Acción para SC2	119
Tabla 39	Materiales de Tubería Red Principal	124
Tabla 40	Materiales de Red Secundaria	124
Tabla 41	Materiales Sistema de Agua Pulverizada	124
Tabla 42	Materiales Soportería Sistema de Agua Pulverizada	124
Tabla 43	Estándares Hh/Ton de Fabricación y Montaje	125
Tabla 44	Equipos de Trabajo para la Obra	127
Tabla 45	Costo de los equipos	128
Tabla 46	Costo de Materiales (Tubería)	128
Tabla 47	Costo de Materiales (Soportería)	128
Tabla 48	Costo de Materiales (Válvulas y Accesorios)	128
Tabla 49	Costo de la Mano de Obra por Categoría	129
Tabla 50	Costo Total por Mano de Obra	129
Tabla 51	Rubro por Transporte	130
Tabla 52	Costo por alquiler de Equipos	130
Tabla 53	Costos Directos de la Obra Mecánica	130
Tabla 54	Costos Directos del Proyecto	131

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Trazado del Reservorio
Plano 2	Diseño del Reservorio
Plano 3	Secciones del Reservorio
Plano 4	Diseño Mecánico del Reservorio

INTRODUCCION

El presente trabajo consiste en el rediseño del sistema contra incendio de la refinería “La Libertad”, industria dedicada a la refinación del petróleo, que desde 1989 paso a manos del estado ecuatoriano a través de PETROECUADOR, produciendo distintos derivados del petróleo.

Debido la ampliación de la refinería a lo largo de los años y al crecimiento desordenado de la población, esta se ha asentado en lugares próximos a estaciones de bombeo, poliducto, tanques de almacenamiento, por lo que el sistema que se tiene actualmente se ha vuelto deficiente en el caso que ocurra un incendio.

Ante esta situación, el Departamento de Proyectos de la Refinería decidió la construcción de un nuevo sistema, pero utilizando las líneas existentes.

Esta tesis presentara el diseño del nuevo sistema, que comprende reservorio, sistema de tuberías y sistema de bombeo, en base a normas NFPA y a las mismas de PETROINDUSTRIAL.

Con el estudio propuesto se llamara a licitación para la construcción de la obra.

Al terminar de escribir la tesis, el proyecto se encuentra en fase de construcción.

CAPITULO 1

1. LA REFINERIA LA LIBERTAD.

La Refinería “La Libertad” es la empresa encargada de la refinación del petróleo, obteniendo derivados de calidad, para satisfacer la demanda de combustibles a nivel nacional, previniendo y controlando la contaminación ambiental.

A continuación se presenta una breve reseña histórica de esta refinería.

La compañía Anglo Ecuadorian Oilfields Limited puso en funcionamiento la planta de destilación Parsons el 14 de mayo de 1968, diseñada para una capacidad de 20000 BPD, posteriormente ampliada a 27000 BPD, la unidad podía procesar tres tipos de crudo de grado 39, 35.5 y 31 API respectivamente. Actualmente se procesa crudo Oriente de 28 grados API.

El diseño original permitía obtener cinco corrientes de productos, en la actualidad luego de ciertas variaciones en las condiciones de operación, se obtienen ocho corrientes de producto.

Hasta el 30 de Noviembre de 1989, en la refinería “Anglo”, la participación del estado ecuatoriano fue del 25.4% y el 74.6% correspondiente a la empresa “Anglo”. A partir de esa fecha el 100% de las operaciones paso a Petroecuador, con el nombre de la refinería “La Libertad” y en agosto de 1990, la Refinería Repetrol (ex Gulf), ahora denominadas unidad “Cautivo” paso a ser parte de la refinería, con una capacidad total de producción diaria de 45 mil barriles. Está sujeta a la ley de Petroecuador y sus Filiales, ley de hidrocarburos, al propio y otros reglamentos dictados por el Presidente de la República y a las demás normas y políticas expedidas por el Directorio de Petroecuador y por el Directorio de la Empresa. A continuación se muestra la ubicación de la refinería de acuerdo a las plantas industriales existentes en el Ecuador.



FIGURA1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE REFINERIA “LA LIBERTAD”

1.1. Unidades Principales de La Refinería.

La Refinería consta de tres unidades principales que son:

Unidad “La Libertad”, donde encontramos área de procesos, con sus plantas de destilación “Parsons” y “Universal”, área de oficinas, área de tanques de almacenamiento, área de generación eléctrica, planta de agua.



**FIGURA1.2 PLANTA DE DESTILACIÓN “PARSONS” Y
“UNIVERSAL”**

Unidad “Crucita”, es el sector destinado solo a tanques de almacenamiento de productos tales como crudo, gasolina.

Unidad “Cautivo”, donde encontramos área de procesos con su planta de destilación “Cautivo”, el área de oficinas y el sector “Tanque Loma” de tanques de almacenamiento.



FIGURA1.3 PLANTA DE DESTILACIÓN CAUTIVO

A continuación se muestra la implantación general de la refinería con sus tres unidades

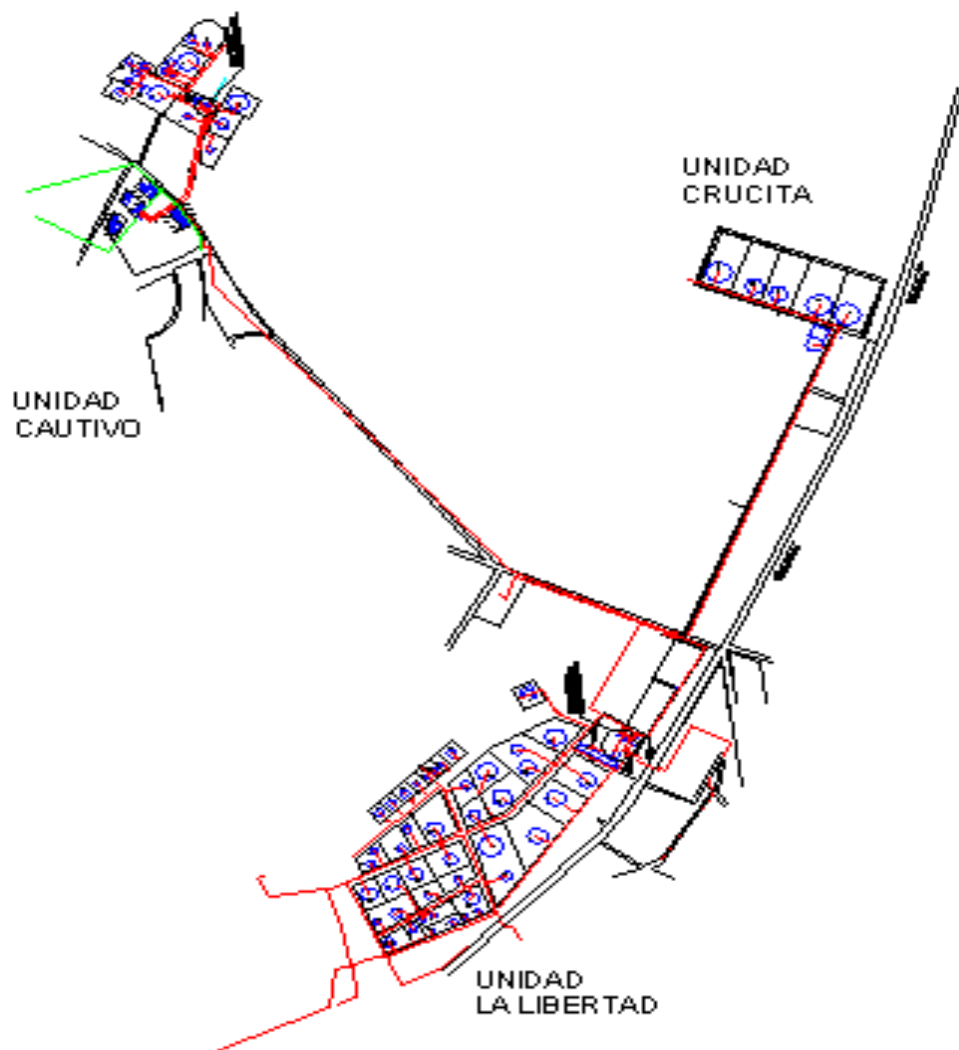


FIGURA 1.4 IMPLANTACIÓN GENERAL DE LA REFINERÍA

La altura sobre el nivel del mar entre estas unidades se muestra a continuación

TABLA 1

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR ENTRE UNIDADES

Unidad	Altura sobre el nivel del mar (m.)
Cautivo	2
La Libertad	4.2
Crucita	18.1

Dependiendo de la importancia en la función que desempeñan dentro del proceso de industrialización, en la refinería “La Libertad” se tiene las siguientes áreas.

Áreas de proceso.

Áreas de servicio.

Áreas externas.

Áreas de proceso.-Son aquellas en las que están incluidas solamente las unidades que procesan el petróleo para obtener derivados Y las existentes son:

PARSONS TOPPING PLANT

UNIVERSAL TOPPING PLANT

CAUTIVO TOPPING PLANT

Áreas de servicio.- Son aquellas requeridas para la operación de las unidades de procesos, entre las cuales están:

Generación de vapor y agua de alimentación

Generación Eléctrica

Sistema de aire

Sistema de agua

Sistema de combustible

Áreas Externas.- Estas son:

Almacenamiento

Despacho

Estación de bombeo

Planta Octel

Muelle

Los productos que se obtienen son: GLP, gasolina base, kerosene, jet fuel, diesel, solventes, fuel oil y spray oil. La carga que procesa es un crudo de 28° API.

1.2. Descripción de los Procesos de la Refinería.

El petróleo finalmente llega a las refinerías en su estado natural para su procesamiento. Aquí prácticamente lo que se hace es cocinarlo.

Por tal razón es que al petróleo también se le denomina "crudo".

Una refinería es un enorme complejo donde el petróleo crudo se somete en primer lugar a un proceso de destilación o separación física y luego a procesos químicos que permiten extraerle buena parte de la gran variedad de componentes que contiene.

El petróleo tiene una gran variedad de compuestos, al punto que de él se pueden obtener por encima de los 2.000 productos.

El petróleo se puede igualmente clasificar en cuatro categorías:

- Parafínico
- Nafténico
- Asfáltico o mixto
- Aromático

A continuación se presenta el flujo del proceso en el sistema de destilación del petróleo en la Refinería "Libertad"

1.- El petróleo es enviado desde los campos petrolíferos en el nororiente ecuatoriano a través del oleoducto hacia Esmeraldas, y de ahí vía cabotaje (buques) llega a La Libertad donde es

bombeado desde los buques a través de la línea submarina, .de allí es enviado a través de un by pass hacia los contadores de flujo para posteriormente pasar a los tanques de almacenamiento de crudo, que es el nombre que toma el petróleo sin procesar. El petróleo llega a los tanque de almacenamiento donde reposa aproximadamente 16 horas, para luego ser purgado y eliminar generalmente agua.

2.- Desde los tanques de almacenamiento, el crudo va a través de tuberías hacia las bombas de carga, para de allí pasar al primer tren frío. Posteriormente pasa a los tambores denominados desaladoras, en donde el petróleo es sometido a un proceso de desalado (lavado con agua) para eliminar sales, básicamente de cloro y azufre, para así evitar la corrosión en las unidades de proceso y mejorar la calidad del combustible.

3.- De las desaladoras el flujo pasa al segundo tren de intercambio de calor llamado tren caliente por medio de intercambiadores usando productos calientes que bajan de la torre de destilación, para posteriormente pasar al horno entrando el producto con una temperatura de 320° C, pasando luego a la torre de destilación atmosférica donde el petróleo se fracciona en sus múltiples

componentes, aprovechando el amplio rango de ebullición de estos, utilizando operaciones de calentamiento, vaporización, condensación, enfriamiento y revalorización que van distribuyendo los hidrocarburos a lo largo de la columna, algunos de los cuales pueden ser sacados directamente como productos.

4.- Los gases que salen por el domo de la torre pasan por los enfriadores, donde estos gases son condensados y enviados al acumulador. La función de los acumuladores es la de actuar como recipientes de succión de bombas de reflujo o de productos de cabeza. En estos recipientes se produce la separación del agua de los hidrocarburos. En caso del sistema de destilación atmosférica se separan la nafta bruta que pasa al sistema de fraccionamiento, la figura 1.5 muestra este proceso.

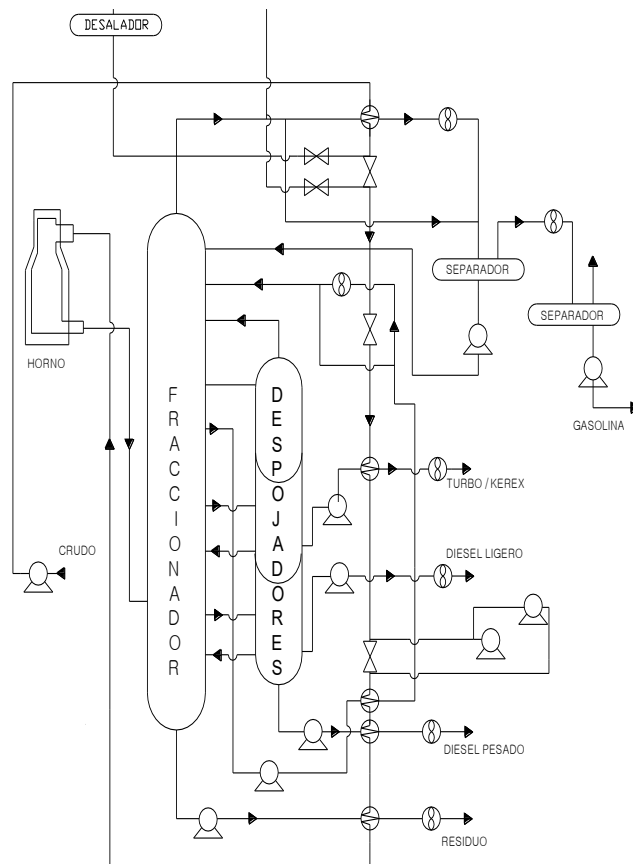


FIGURA 1.5. PROCESO DE REFINACIÓN DEL PETRÓLEO

La refinería esta equipada con tres unidades de destilación primaria:

- Planta Parson con capacidad de 26 mil barriles por día de operación.
- Planta Universal con 10 mil BPD
- Planta Cautivo con 9 mil BPD

Dependiendo de la demanda se puede regular el proceso para obtener emisiones variables de productos en los diferentes chorros.

El crudo por la acción de la temperatura separa en primer lugar una mezcla de gases, cuando sube 150°C fracciona gasolina, entre 200°C -250 °C segrega nafta y gasolina, destila luego el kerosene a 250°C, el combustible diesel a 250°C y 350°C. Finalmente queda un residuo que incluye el fuel oil y el asfalto que destila después de los 400 °C y que se utiliza como combustible industrial.

Entre los cortes o fracciones enumeradas anteriormente es posible obtener una serie de productos secundarios tales como solventes en fracción de gasolina, solventes para fungicidas en la fracción diesel y finalmente el residuo puede ser tratado mediante una destilación al vacío para recuperar aun combustible industrial y separar el asfalto.

A continuación se mencionan estos productos

Gasolinas

Diesel

Gas licuado de petróleo

Turbo fuel (JP1, JP4)

Destilado 1

Solvente 1

Spray

Mineral Turpentine

Rubber Solvent

Residuo

Propiedades y Aplicaciones de los Productos Finales.

Gasolinas

Combustible utilizado en motores de combustión interna, esta tiene las siguientes propiedades.

Peso específico: 0.740 max.

Potencia calorífica superior: 11250 Kcal/Kg.

Diesel

Es un combustible para motores compresión-ignición, se distinguen dos clases:

Clase A, o diesel ligero que se destina a motores de altas revoluciones como los de los vehículos y Clase B, o diesel pesado para motores marinos y de uso industrial.

Gas Licuado de Petróleo

En la unidad de concentración de gases se separan los gases no licuados y se obtiene gas licuado para uso domestico e industrial

Uso domestico: los gases licuados se utilizan en cocinas y calefacción de agua. Estos gases licuados o envasados suministran

una gran concentración de energía térmica para un recipiente a través de quemadores por medio de un regulador de presión.

Uso industrial: como combustible su campo de aplicación va desde los tratamientos térmicos de los metales incluyendo soldadura, templado, cementación, y preparación de atmósferas controladas; soldadura de metales no ferreos, soldadura con plomo, etc; industria alimenticia, tostado de cereales, maduración de frutos; aplicaciones agrícolas, secado artificial; combustibles de motores de explosión, etc. Los valores promedios de algunas propiedades del gas licuado son:

Peso específico del líquido: 0.515 g/cm³.

Potencia calorífica superior: 11950 Kcal/Kg.

Turbo fuel (JP1 Y JP4)

Es un combustible para turbinas de aviación, las más comerciales en nuestro país son JP1 Y JP4, pues las mayorías de las turbinas de los aviones han sido diseñadas para trabajar con este combustible.

En contraste con los motores de pistón, las turbinas de gas pueden diseñarse para trabajar segura y eficazmente en cualquier destilado del petróleo que permanezca líquido en todas las condiciones operantes, al operar a grandes alturas el sistema de alimentación de combustible funciona dentro de amplios límites de temperatura y presión. Estas condiciones extremas descartan el uso de fracciones

pesadas como diesel o fuel oil que solidifican fácilmente a bajas temperaturas, al igual que las fracciones ligeras, ya que estas se evaporan totalmente a grandes altitudes.

Destilado 1

Esta comprendido entre los disolventes denominados destilados, tiene un intervalo de destilación entre 160°C - 280°C con un peso específico de 0.795.

En general estos disolventes se emplean en dos clases principales de procesos que son la extracción y la precipitación.

Extracción: en el cual se desea eliminar o separar materiales solubles en el disolvente empleado, con la posible recuperación de la sustancia extraída.

Precipitación: donde se disuelven los productos con el objeto de por evaporación del disolvente, conseguir una película de la sustancia en cuestión, por ejemplo caucho, cera o pintura depositada sobre una superficie.

Spray Oil

Es un aceite de petróleo, su peso específico varia entre 0.865 y 0.873, se lo obtiene en un rango de destilación de 315 °C -375 °C, se utiliza tanto como vehículo y agente toxico en una gran variedad de compuestos emulsionados destinados a combatir las plagas de las cosechas.

Las pulverizaciones de tipo hortícola suelen emplearse en conjunción con otros insecticidas tales como sulfuro de cal, incrementando grandemente la presencia del aceite al efecto del insecticida.

Mineral Turpentine, Solvente 1

Son disolventes denominados “white spirits”, tienen un intervalo de destilación de 149 °C-212°C, sus pesos específicos corresponden a 0.865 y 0.792 respectivamente.

Rubber Solvent

Es un disolvente de caucho, tiene una temperatura final de destilación de 140 °C y un peso específico promedio de 0.775.

La industria del caucho es una de las mayores consumidoras de este disolvente, pues toma en cuenta su baja toxicidad y mejor control de fraccionamiento. Una de sus aplicaciones es la manufactura de guantes, donde se utiliza el procedimiento llamado de inmersión, que consiste en sumergir un molde con la forma de objeto, dentro de una solución de caucho y dejando evaporar el disolvente después de cada inmersión obtiene la capa de caucha deseada, completando el proceso por subsecuente vulcanización.

Residuo (Fuel Oil)

El residuo puede considerarse como un producto terminado para la venta como fuel oil nacional y de importación, o puede sufrir una

destilación al vacío (localmente se hace en refinería Esmeraldas). Al someterse el residuo a destilación a presión reducida o al vacío, se obtienen otros condensados adecuados para la manufactura de aceites lubricantes y una menor cantidad de residuo.

Este residuo puede considerarse como combustible pesado o asfalto, o bien puede ser sometido a tratamientos para obtener lubricantes mas pesados. A continuación se presenta la tabla 2 con la producción de la refinería.

TABLA 2

PRODUCCION DIARIA DE LA REFINERIA LA LIBERTAD

PRODUCTO	BARRILES
EXTRA	8300
ABSORVER OIL	10
DIESEL1	800
DIESEL 2	9000
FUEL OIL	22400
JP1,JP4	1900
GLP	23
SPRAY OIL	482
SOLVENTES	320

1.3. Sistema Contra Incendio Existente Actualmente de la Refinería.

El sistema con el que cuenta la refinería recorre todas las áreas que comprende refinería La Libertad como son unidad “La Libertad”, Unidad “Cautivo” y “Crucita”.

Pero la condiciones funcionales y de operación de este sistema no son las mas optimas, ya que cuenta como principal elemento controlador del fuego, el agua salada ,la cual es perjudicial para toda la instalación, ya que merma en forma considerable la vida útil de los equipos , elementos y accesorios que conforman este sistema.

A continuación se presentan las características técnicas de todo el sistema.

Tamaño de la Red de Agua del Sistema Contra Incendio.

Longitud.- La red contra incendios de la refinería es de 4000 metros aproximadamente, la misma que recorre por todo el sector de tanques y por el área de procesos, cuya red en su mayoría es de 10" y, además tiene otras ramificaciones cuyos diámetros son 8" y 6". En planta Cautivo la longitud de la red contra incendio es de 2000 metros aproximadamente, su tubería principal de distribución es de 8" en su mayoría y tiene ramificaciones que van de 6" y 4".

Capacidad de reservorio de agua.- Se tiene un reservorio de agua para uso contra incendio de 1600 m³ cuyo aprovisionamiento se recibe de la tubería de agua potable, además se cuenta con otro reservorio de agua desalinizada de 1000 m³ que generalmente se utiliza para consumo interno de la refinería, el mismo que puede ser utilizado para combate de incendio en caso de emergencia, todos estos en unidad "La Libertad". En planta de Cautivo se dispone de

dos tanques de agua dulce de 400 m³ cada uno conectado a la red contra incendios y en unidad Crucita se cuenta con un reservorio de 1000 m³, lo cual da una capacidad total de 4400 m³, lo cual da a ver a simple vista que se cuenta con una capacidad suficiente para combate contra incendio, pero por el hecho de tener estaciones de bombeo y reservorios de agua dispersos por todas las áreas que comprende la refinería, convierte a este sistema en deficiente.

Tipo de fuente de abastecimiento de agua.- La fuente de abastecimiento de agua es el mar, la misma que es tomada por cinco bombas centrifugas ubicadas en el muelle, de las cuales tres operan con un caudal de 5000 gpm, las dos restantes son de relevo. El agua es bombeada a través de una tubería de 24" de diámetro, la misma que recorre hasta la planta de agua con una longitud de 1000 mts. Aproximadamente, de esta tubería de 24" se deriva la red contra incendio para todas las instalaciones de la refinería "La Libertad", incluyendo la unidad Cautivo y los tanques de la unidad Crucita.

Capacidad instalada en los tanques fijos de espuma.- No se cuenta con este sistema en refinería La Libertad. El concentrado de espuma se encuentra depositado en las motobombas, cuyo total es 3000 gal.

Numero de bombas de la red de agua contra incendios y sus características.

En la unidad La Libertad se dispone de una bomba a diesel de uso exclusivo contra incendio cuyas características son las siguientes:

Tipo: Centrífuga

Fabricante: Ingersoll Rand

Capacidad: 1000 gpm.

Motor: Detroit

Velocidad: 1750 rpm

En la unidad de Cautivo se dispone de cinco bombas, dos de las cuales están cerca del área de procesos y las tres restantes están ubicadas cerca del área de tanques de almacenamiento, cuya información técnica que se dispone es incompleta:

UNIDAD CAUTIVO

FP-1

Tipo: Centrífuga

Fabricante: Crane

Capacidad: 1000 gpm

Velocidad: 1000 rpm

Motor: Internacional, diesel

Frecuencia: 60 Hz

FP-4

Tipo: Centrifuga

Fabricante: Bufaloes

Velocidad: 1000

Motor: Caterpillar, diesel

Frecuencia: 60 Hz

Potencia: 90 Hp

UNIDAD CRUCITA

FP-2

Tipo: Centrifuga

Fabricante: Wauquesha

Motor: Internacional, diesel

Frecuencia: 60 Hz

FP-3

Tipo: Centrifuga

Fabricante: Wauquesha

Motor: Internacional, diesel

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad. 1800 rpm

FP-5

Fabricante: United Pump

Motor: Detroit, diesel

Capacidad: 1000 gpm

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 1795 rpm

Tipos de sistemas disponibles y sus características.

En Unidad La Libertad y específicamente en planta eléctrica se dispone de un sistema contra incendio de CO₂ que protege el interior de cada turbina, cuyo accionamiento es mecánico.

Descripción de los sistemas de detección y alarma.

No se dispone de sistema de detección y alarma.

Disponibilidad de equipos para evaluación del sistema de agua contra incendios.

Se dispone de un instrumento para medición del flujo Tubo Pitot "Water Flor Test Kit".

Frente a las diferentes incongruencias funcionales detectadas en la red contra incendios, Petroindustrial decidió realizar el estudio, diseño y construcción para optimizar este sistema, labor que conjuntamente con el Departamento de Proyectos se realizara con el nombre de “Estudio, Diseño y Construcción de la Primera Etapa del Reservorio de Agua para El Sistema Contra Incendio de La Refinería La Libertad”.

CAPITULO 2

1. RIESGO DE INCENDIOS

La probabilidad de que se produzca un incendio en un instalación moderna es mucho menor que en una instalación ordinaria. Cuando los depósitos se encuentran cerca de un edificio, es más posible que el incendio del edificio ponga en peligro al depósito, que un incendio en el depósito ponga en peligro al edificio. Sin embargo, la experiencia demuestra que si el líquido contenido en un depósito no construido de acuerdo a las normas NFPA se incendia, la probabilidad de propagación del fuego aumenta sensiblemente.

Los incendios en instalaciones petroleras ocasionan pérdidas de bienes y de vidas humanas, entre las pérdidas de bienes podemos mencionar:

- Pérdidas por daños en edificaciones y maquinaria
- Pérdida temporal de los ingresos de la empresa.
- Pérdida de ganancias de los productos terminados que resultaren afectados por el incendio.

Vale indicar que muchas plantas industriales destruidas por el fuego no vuelven abrirse, lo que produce desempleo local, y disminuye el nivel de vida económica de los empleados.

2.1. Origen de los Incendios

En refinerías un incendio puede originarse por algunas causas entre las cuales vale mencionar:

- Chispas provenientes de equipos de soldadura eléctrica, autógena o de otro tipo.
- Uso inadecuado o condiciones defectuosas de equipos o instalaciones eléctricas.
- Defectuoso sistema de eliminación de basura o desechos inflamables.
- Chimeneas defectuosas, sucias o sobrecalentadas.
- Mala instalación o mantenimiento deficiente de calderas hornos y sus accesorios.
- Descuidos de los fumadores en el manejo de cigarrillos y fósforos.
- Ignición espontánea de productos.
- Explosiones.

QUIMICA DEL FUEGO

Se puede definir al fuego o incendio, como las transformaciones químicas de combustión que se desarrollan en forma incontrolada.

Así dentro de los procesos de transformación química; la oxidación, la reducción, y la combustión constituyen los tres procesos que intervienen en el origen del fuego.

Por lo tanto para que se produzca el fuego deben coexistir los tres factores siguientes.

1. Un elemento combustible (sólido, líquido o gaseoso) capaz de arder o de inflamarse o de combustionarse.
2. Un elemento comburente, que proporciona el oxígeno necesario para mantener la combustión.
3. El calor que se genera y contribuye con su temperatura a mantener la combustión.

Estos tres elementos originan lo que se conoce como el triángulo del fuego.



FIGURA 2.1. TRIANGULO DEL FUEGO

Pero esta teoría ha evolucionado a la “Teoría de la pirámide de fuego”, la cual adiciona una serie de etapas intermedias sucesivas denominadas “reacciones en cadena”, que regulan los cambios de llama hasta llegar a los productos finales de la combustión.



FIGURA 2.2. PIRÁMIDE DEL FUEGO

2.2. Clases de Incendios en Refinerías

Los incendios se clasifican de acuerdo al tipo de material combustible y en instalaciones petroleras se subdividen de acuerdo a la clase de productos inflamables.

Los fuegos o incendios de acuerdo al material combustible se clasifican de la siguiente manera:

Clase A.

En esta categoría se incluyen los incendios que tienen lugar en materiales combustibles comunes como madera papel, trapo, etc. Esta clase de incendio se puede extinguir fácilmente con agua o soluciones que contengan gran cantidad de agua .El proceso de extinción depende primordialmente del efecto refrescante y extintor del agua.

Clase B.

Aquí se incluyen los incendios en que se necesita un efecto de cobertura que excluya el oxígeno para extinguirlos. Esta clase de fuego no será apagado con agua, mas bien a menudo será esta la que extienda la hoguera, en lugar de acabar con ella.

Los incendios que figuran en esta categoría son debido a petróleo o aceite y a líquidos inflamables, como gasolinas o grasas.

Clase C.

Causados por sustancias gaseosas, tales como metano, propano, butano, etc.

Clase D.

Son originados por metales combustibles, tales como: los metales ligeros (aluminio, magnesio y sus aleaciones) y metales alcalinos (sodio, potasio, etc.)

El anterior criterio es una clasificación general para fuegos, para nuestro caso al estar en una refinería, el fuego Clase B es el que puede llegar a existir, producido por líquidos almacenados, por lo que debemos hacer una clasificación de líquidos combustibles e inflamables ya que estos conceptos van en función del tipo específico de incendio.

Líquidos combustibles.

Son líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 37.8°C (100°F), subdivididos de la siguiente forma :

- a) **Clase II:** líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 37.8°C (100°F) y menor que 60°C (140°F), entre los que podemos citar aceites lubricantes, aceites de proceso.
- b) **Clase IIIA:** líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 60°C (140°F) y menor que 93.3°C (200°F), entre los que podemos citar acetona, alcohol y metanol.
- c) **Clase IIIB:** líquidos con punto de inflamación mayor a 93.3°C (200°F).

Líquidos Inflamables

Son líquidos con punto de inflamación inferior a 37.8°C(100°F) y una presión de vapor absoluta que no exceda 40 psi, subdivididos de la siguiente forma

- a) **Clase I:** Incluye los líquidos con punto de inflamación menor que 37.8°C(100°F).
 - a.1) **Clase IA:** líquidos con punto de inflamación menor que 22°C (73°F) y punto de ebullición menor que 37.8°C (100°F).
 - a.2) **Clase IB:** líquidos con punto de inflamación menor que 22°C (73°F) y punto de ebullición mayor o igual que 37.8°C (100°F).

a.3) **Clase IC:** líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 22°C (37°F) y menor que 37.8°C (100°F).

Es necesaria hacer esta subclasificación, porque para el diseño del sistema contra incendios debemos conocer que tipo de líquido vamos a combatir.

2.3. Prevención de Incendios en Refinerías.

En prevención de incendios en instalaciones petroleras es necesario tomar en cuenta todos los aspectos que de una u otra manera pueden afectar el origen y desarrollo del incendio, las cuales empiezan desde el tipo de construcción que se tenga, así como las precauciones que se tengan en el almacenamiento y manejo de los materiales combustibles.

El personal de seguridad industrial de refinería debe realizar continuas auditorias de seguridad a las instalaciones y equipos de la planta así como frecuentes simulacros de incendio, ya que en esta instalación la posibilidad de incendio es latente.

El personal de planta y administrativo debe concientizarse acerca del peligro de incendios, a continuación nos referiremos a las medidas que son necesarias para reducir al mínimo las posibilidades de que

tenga lugar un incendio debido a la presencia de materiales combustibles e inflamables en la instalación,

1. No se toleren acumulaciones de combustible u otras materias semejantes cerca donde haya fuegos o chispas.
2. Cuidar que haya un espacio de separación suficiente entre sustancias combustibles y fuentes de alta temperatura.
3. Conectar a tierra todo equipo eléctrico a fin de prevenir que ocurran arcos o chisporroteos.
4. Empléese siempre equipo bien diseñado y fabricado.
5. Planear procedimiento seguro para el uso y operación de todo dispositivo y equipo que pueda producir llamas o chispas y adiestrar a los trabajadores que corresponda en ese procedimiento.
6. Establecer y mantener un programa eficaz de inspección y conservación.

Prevención de Propagación de Incendios.

Para evitar la propagación de incendios que pueden originarse como consecuencia de derrames de líquidos inflamables y combustibles, existen los muros de contención denominados “cubetos”.

La construcción de muros de contención alrededor de los tanques de almacenamiento deberán cumplir con los siguientes requerimientos

1. El área alrededor del tanque, deberá tener una pendiente mínima de uno por ciento (1%) hacia los muros de contención, ser llana y libre de obstáculos, esta pendiente se extenderá hasta la base del muro, o al menos 15 metros desde el tanque a la base del muro
2. La capacidad volumétrica del área de contención será igual al volumen del tanque en su máxima capacidad, considerando una altura mínima de 1.5 metros para el muro de contención. En el caso de existir varios tanques dentro de la misma área de contención, su volumen será igual al 150% del volumen máximo del tanque mayor.
3. Las tuberías que pasen a través de los muros de contención, deberán diseñarse para prevenir los esfuerzos excesivos ocasionados por un incendio o por un asentamiento del terreno.
4. Las válvulas de drenaje del área de contención de los tanques deberán colocarse fuera del área protegida por los muros.
5. La altura máxima de contención de los muros será de 3 metros, y el tipo de cementación obedecerá a un estudio previo del suelo sobre el cual se lo construirá.

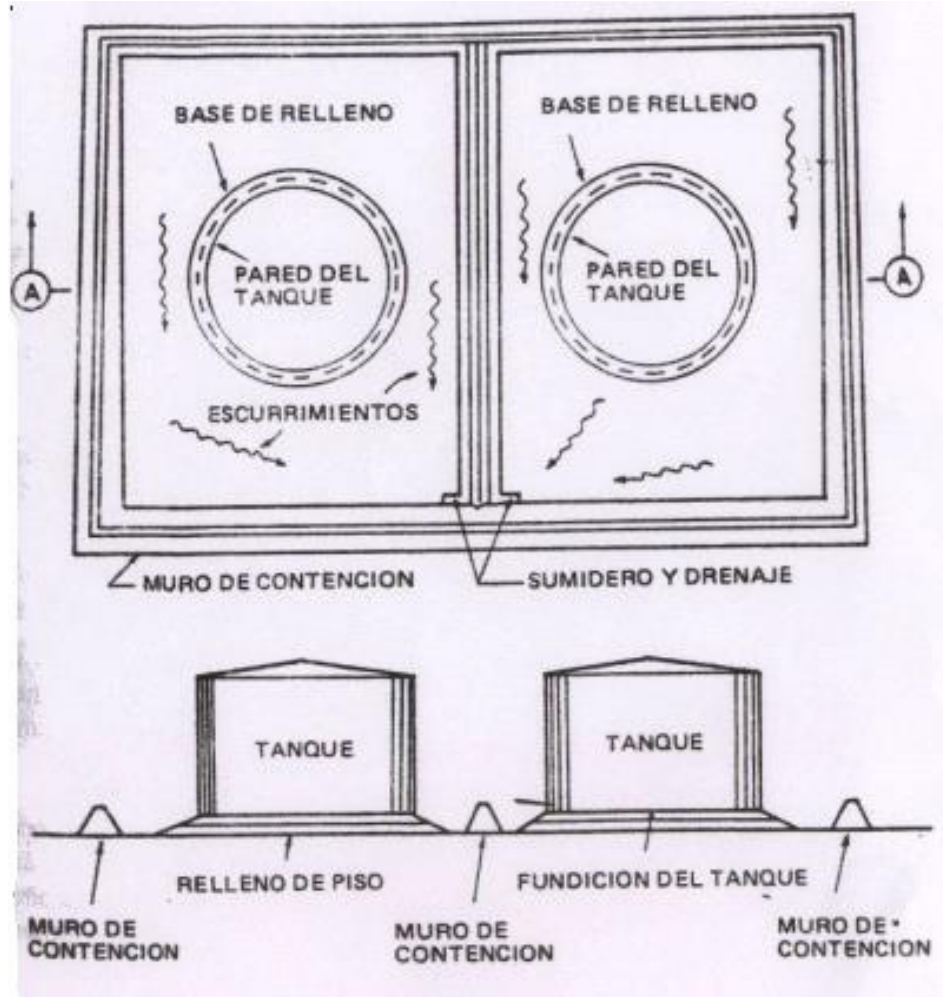


FIGURA 2.3. MUROS DE CONTENCION

Las unidades “La Libertad “ y “Crucita “ cuentan con un eficiente sistemas de muros de contención o cubetos, razón por la cual este parte no será motivo de un mayor análisis.

Dirección del Viento

También hay que tomar en cuenta la dirección del viento, ya que en caso de ocurrir un incendio se debe enfriar aquellos que estén primordialmente en su dirección.

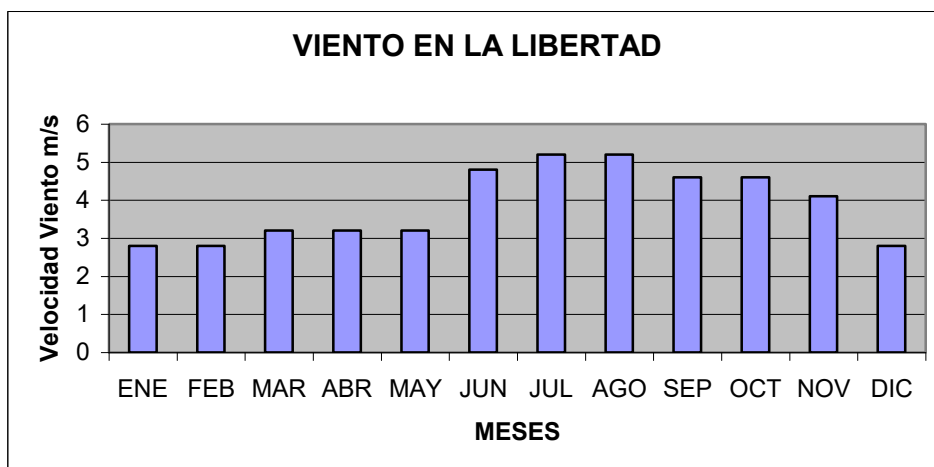
Las mediciones de la estación meteorológica de INOCAR en La Libertad, a 10 metros sobre el nivel del mar, indican que los vientos predominantes durante casi todo el año son en dirección de Sur Oeste y Oeste, con una intensidad promedio de 3.8 m/s.

Durante la estación húmeda la frecuencia de los vientos de Sur Oeste y Oeste son menores que en la época seca

En la época seca los vientos Sur Oeste y Oeste alcanzan una frecuencia de hasta el 74.6%.

Todos estos parámetros analizados anteriormente hay que estudiarlos cuando se realice el plan de acción contra incendios, a continuación la tabla 3 muestra la velocidad del viento en La Libertad.

TABLA 3
VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA LIBERTAD



2.4. Análisis de Detección y Alarma de Incendios en Refinerías.

La estrategia de protección contra incendio en refinerías puede estar basada en tres etapas consecutivas.

Detección y alarma.

Prevención de propagación.

Extinción final del incendio.

Esta parte se refiere los requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas de detección y alarma a fin de mantener un nivel adecuado de protección para el personal y las instalaciones.

Para la selección e instalación de sistemas manuales o automáticos de detección y alarma de incendios es necesario analizar los siguientes criterios.

1. En el caso de tanques de almacenamiento es algo complejo utilizar sistemas automáticos de detección de incendios debido a que estos se encuentran en una área de espacios abiertos y estos dispositivos de detección están sujetos a daños debido a los cambios de clima.
2. La refinería cuenta con su propio cuerpo de bomberos, que continuamente son adiestrados.
3. La refinería cuenta con guardianía privada, en todos los sectores de esta.
4. En caso de existir un incendio, este flagelo será visto prontamente, ya sea por personal de servicio, bomberos o guardias privados.



FIGURA 2.4 TANQUE INCENDIADO

En base a estos criterios o suposiciones, la detección de incendios en refinería será confiada al personal de servicio, bomberos o guardias privados, para que activen el sistema sonoro de alarmas en caso de existir un incendio.

Sistema de alarma de incendios

Los sistemas de alarmas permiten notificar los incendios producidos en una instalación, alertando al personal encargado del combate.

El diseño del sistema deberá ser lo más sencillo posible, a fin de evitar confusiones en el momento de la emergencia. El diseño usualmente consiste en un sistema codificado de señales, con indicación en un lugar y de presencia permanente de personal (sala de control, estación de bomberos), que permite activar uno o más difusores de sonido.

La señal de alarma general en instalaciones al aire libre, será acústica y su frecuencia y tono se ajustara a lo establecido en los planes de emergencia de cada instalación, la señal puede provenir de sirenas eléctricas, pitos de aire o vapor, estratégicamente situados para asegurar una cobertura máxima.

Debido a la gran distribución de la planta se contara también con un sistema telefónico de alarma de incendios conectado a un sistema de amplificación a través de un número de código dedicado y restringido para este caso únicamente.

Cuando se utilice este sistema de notificación, deberá disponerse de teléfonos, ubicados en lugares estratégicos como: salas de control, oficinas de Seguridad Industrial, garitas de vigilancia, áreas de procesos y otros que se consideren necesarios, la refinería, cuenta con estos sistemas.

Para nuestro caso la señal de alarma será dada por el pito de vapor, proveniente de la sección de generación de vapor con que cuenta la empresa. Este pito es utilizado a diario para indicar la hora de entrada y salida de los trabajadores.

CAPITULO 3

3. SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.

En el presente capitulo se presentaran todas las normas para el diseño de sistema contra incendios, acogidas por departamento de seguridad industrial de Petroecuador basadas en NFPA, exponiendo sus características, ventajas y desventajas, y como calcular los componentes de esos sistemas en caso de un siniestro.

3.1 Análisis teórico de Extinción de Incendio de aplicación en Refinerías.

Para la extinción de un incendio existen cuatro métodos que dependen de los elementos causantes del mismo. Estos son:

- a.- Retirando el combustible (por segregación).
- b.- Reduciendo la temperatura (por enfriamiento).
- c.- Excluyendo el oxigeno comburente (por sofocación).

d.- Cambiar la química de la combustión.

Todos los criterios expuestos anteriormente pueden ser utilizados para la extinción, pero para el caso concreto de incendios en refinerías en caso de existir un incendio, este involucraría a la materia prima almacenada en los tanques, siendo un fuego clase B, debe ser combatida con espuma debido a que esta es mucho mas ligera que cualquier liquido inflamable y flota en el mismo formando una capa continua de material acuoso, que aísla mediante vapor la superficie en combustión del aire, eliminando el oxígeno, enfriándola y disminuyendo la temperatura, evitando y parando la combustión del tanque incendiado.

Para el enfriamiento de los tanques adyacentes al incendiado se utiliza agua. Esta hace disminuir la velocidad de gasificación, causando una reducción en la retroalimentación del calor al combustible.

3.2. Clasificación de los Sistemas de Extinción existentes hasta la Actualidad.

Se entiende por equipo de extinción a todo aquel que se utiliza para almacenar, conducir y proyectar las sustancias extintoras y enfriadoras sobre el área en que se haya proyectado el incendio.

Estos se clasifican de una manera muy general de acuerdo al modo de aplicación en:

Sistemas portátiles de extinción.

Sistemas semi fijos de extinción.

Sistemas fijo de extinción.

Sistemas portátiles de extinción.

Son más conocidos con el nombre de extintores (extinguidores).

Sistemas semi fijos.

Los sistemas semi fijos de extinción son los que comprenden entre sus componentes principales; tanques, reservorios de agua, bombas, tuberías, hidrantes, mangueras y pitones.

Sistemas fijo de extinción.

Tienen por finalidad combatir el fuego desde los primeros momentos, permitiendo disponer de forma automática los medios adecuados para cada tipo de incendio.

Para motivo de nuestro estudio, en instalaciones petroleras se presenta una subclasificación en:

Sistema de agua contra incendios.

Sistema de espuma contra incendios.

Sistema de Agua Contra Incendios para Instalaciones Petroleras.

Según la norma PE-SH1-018 de PetroIndustrial, el sistema de agua contra incendios para instalaciones petroleras se clasifica en:

- Sistema de rociadores automático.
- Sistema de agua pulverizada.

Sistema De Rociadores Automáticos.

Constituyen sistemas fijos de extinción a base de agua que facilitan una adecuada y eficaz protección a los riesgos de incendio.

Existen cuatro tipos de sistemas de rociadores.

a.- Sistema de rociadores de tubería húmeda

Es un sistema de rociadores cerrados en la cual los ramales están normalmente llenos de agua a presión, tras la operación del elemento fusible de uno o más rociadores, el agua es descargada inmediatamente al área protegida. El flujo de agua por la tubería activa a su vez una alarma

b.- Sistema de rociadores de tubería seca.

Estos sistemas se desarrollaron para evitar el problema de congelamiento de agua en sistemas de tuberías húmedas, en

climas fríos, consisten en un sistema de rociadores cerrados conectados a ramales de tubería normalmente llenos de aire a presión. La rotura del elemento fusible del rociador debido al incendio, deja escapar el aire y permite la apertura de una válvula en el suministro de agua que permanecía cerrada por la contrapresión del aire. El agua fluye entonces por los ramales y descarga a través de los rociadores cuyo elemento fusible está abierto.

El retraso en la actividad del sistema y su complejidad son sus mayores inconvenientes.

c.- Sistemas de rociadores de acción previa.

La diferencia entre este sistema y el de tubería seca, es que la operación de la válvula que da paso al agua es activada por un dispositivo automático de detección de incendio independiente del elemento fusible del rociador.

Ello permite que el sistema de agua se llene inmediatamente que se detecta el incendio y mucho antes que se produzca la operación del elemento fusible de un rociador. Tras la operación de un rociador cualquiera, el agua es descargada sobre el incendio.

Este sistema elimina retrasos y puede ser usado en lugares con bajas temperaturas ambientales. Adema se presenta la ventaja de reducir las descargas accidentales de agua. Los costos y el mantenimiento son sus desventajas fundamentales.

d.- Sistema de rociadores de diluvio

Es un sistema de rociadores abiertos, que permite la aplicación inmediata de agua sobre toda el área protegida al abrirse la válvula en la línea de suministro, activada por un sistema de detección de incendio situado en la misma área de los rociadores. Este sistema se usa en el área de alto riesgo que contiene líquidos inflamables y existe la posibilidad que el incendio pueda propagarse rápidamente. El requerimiento de agua de este sistema, es mucho mayor que los mencionados previamente.

Aplicación de Sistema de Rociadores.

Estos sistemas se instalaran para la protección de edificios, depósitos y almacenes de materiales, oficinas, estacionamientos subterráneos, comedores, dispensarios médicos y hospitales

Sistemas de Agua Pulverizada.

Estos sistemas fijos de agua pulverizada, consisten fundamentalmente en un conjunto de tuberías, conectadas a un suministro confiable de agua y equipadas con un número suficiente de boquillas para la descarga de agua en forma de neblina, sobre el equipo protegido. La conexión a la red de alimentación, se realiza mediante una válvula automática o manual en dos sitios diferentes preferiblemente opuestos, del anillo de agua contra incendio.

En general un sistema de agua pulverizada puede usarse eficazmente para lograr los siguientes objetivos.

- a.- Extinción del incendio
- b.- Control del incendio.
- c.- Protección contra incendios externos
- d.- Prevención del incendio

Estos sistemas fijos de agua contra incendio, se usan comúnmente en la protección de equipos de proceso y estructura, tanques y recipientes de líquido y gases inflamables, equipos eléctricos y equipos rotativos.

Componentes del sistema de agua contra incendios

Los componentes básicos de un sistema de agua contra incendios que sirven de protección a las instalaciones petroleras son:

1. Fuentes de suministro de agua.

2. Sistema de bombeo de agua.
3. Red de distribución.

A continuación se presenta una descripción de los componentes y sus requerimientos.

1. Fuentes de Suministro de Agua.

Pueden ser de carácter ilimitado, cuando provienen de fuentes naturales tales como lagos mares y ríos, en cuyo caso será necesario el diseño de la captación y la estación de bombeo, y de carácter limitado, para lo cual se deberá disponer de un estanque o espejo construido de acuerdo a practicas de ingeniería aprobadas, que garanticen la capacidad requerida. Las redes de agua para los sistemas contra incendios no pueden estar conectadas a otros sistemas o que desvíen el uso del agua hacia otro propósito.

Capacidad.

Cuando la fuente de suministro de agua es limitada se requiere una capacidad de almacenamiento mínima de 6 horas, a la demanda máxima de diseño para el incendio único mayor que puede producirse en una instalación.

Calidad del agua.

Puede ser la misma que presenta desde su fuente natural siempre que este libre de contaminantes químicos que impidan la formación de espuma contra incendios.

De acuerdo a la calidad del agua se efectuara la selección de los materiales y equipos del sistema en función de atenuar los problemas de corrosión y abrasión.

Requerimientos de agua contra incendios.

Los requerimientos de agua contra incendio para tanques de almacenamiento, se establecen en base al consumo de agua para la generación de espuma, para enfriamiento del tanque incendiado y los tanques adyacentes, y agua para protección adicional.

El criterio antes señalado se aplica suponiendo que solo el tanque de mayor exigencia de agua se incendiara en un momento determinado.

La aplicación del agua requerida para el enfriamiento del tanque incendiado y los tanques adyacentes, podrá efectuarse mediante el uso de monitores mangueras o sistemas fijos de agua pulverizada, que en nuestro caso serán anillos en la parte superior del tanque.

En ningún caso, el requerimiento total del agua contra incendios para una instalación de almacenamiento será menor de 227 m³/h. Para nuestro caso en particular donde tenemos líquidos inflamables Clase I, líquido combustibles Clase II y crudos tenemos que el consumo de agua para el tanque incendiado, se determina en base a la aplicación de una tasa de 1.04 m³/h por metro de circunferencia considerándose un factor de llenado(e), requerimiento que se establece, ya que en caso de incendio, solamente deberá enfriarse la paredes del tanque por encima del nivel del líquido contenido, y se supone que la situación prevaleciente es tener los tanques en una capacidad menor a su diseño, así el caudal requerido para enfriamiento del tanque incendiado es:

$$Q_i = 1.04\pi D_i e \frac{m^3 / h}{m}$$

El consumo de agua para el enfriamiento de los tanques los tanques adyacentes, se determina en base a la suposición de que la radiación de calor afectara a las caras de los tanques frente al incendiado, es decir al 50% del área total lateral, además considerando solo la protección de aquellos tanques que

queden contenidos total o parcialmente en el cuadrante de mayor demanda de agua, obtenido al trazar un círculo concéntrico con el tanque incendiado, de radio $2D$, siendo D el diámetro de dicho tanque con aplicación de una tasa de $1.04 \text{ m}^3/\text{h}$ por metro de circunferencia, considerándose el factor de llenado descrito anteriormente y de $0.098 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada metro cuadrado de la superficie del techo.

En la figura 3.1 se muestra una aplicación del criterio establecido así.

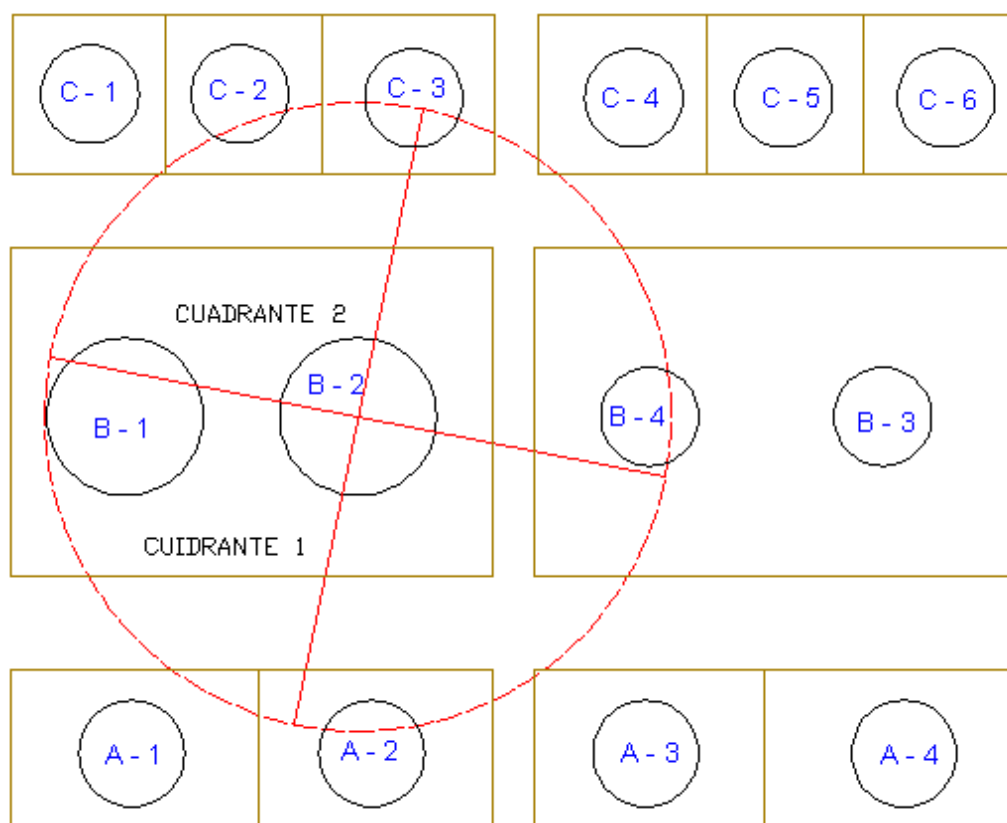


FIGURA 3.1 SELECCION DE CUADRANTE DE MAYOR CONSUMO

Tanques adyacentes a enfriar A-2 y B-1,

Consumo de agua para enfriamiento Q_E (m^3/h)

$$Q_E = \frac{1.04\pi e D_{A-2}}{2} + \frac{0.098\pi D_{A-2}^2}{4} + \frac{1.04\pi e D_{B-1}}{2} + \frac{0.098\pi D_{B-1}^2}{4}$$

Así se hace con todos los cuadrantes y se toma el de mayor consumo, para los tanques de techo flotante, solo se considera el área anular entre las paredes y el techo.

2. Sistema de Bombeo de Agua.

Las bombas contra incendio para este tipo de sistema deben estar ubicadas en lugares accesibles pero no expuestos a daños por fuego.

A continuación se indican los aspectos generales que deben cumplir los sistemas de bombeo de agua contra incendio.

Tipos de Bomba.

La característica principal que deben cumplir las bombas centrífugas para uso contra incendio es la presentar una curva de presión versus caudal relativamente plana, esto garantiza un nivel de presión estable para diferentes caudales de operación, facilitando la operación de varias bombas en paralelo. Se usaran bombas centrífugas horizontales y verticales dependiendo de la altura de succión disponible desde la fuente de abastecimiento.

Requerimientos del Sistema de Bombeo.

Bombas Centrifugas Horizontales

Se utilizan cuando se tiene una altura de succión positiva y serán capaces de suministrar un 150% de su capacidad nominal a una presión no menor de 65% de su presión nominal.

Bombas Centrifugas Verticales

Estas bombas se usan normalmente en aquellos casos en que se tenga una altura de succión negativa, serán capaces de suministrar un 150% de su capacidad nominal a 65% de su presión nominal. A cero flujo, la presión no deberá exceder de 140% de la presión nominal, a continuación la figura 3.2 muestra un esquema de la bomba.

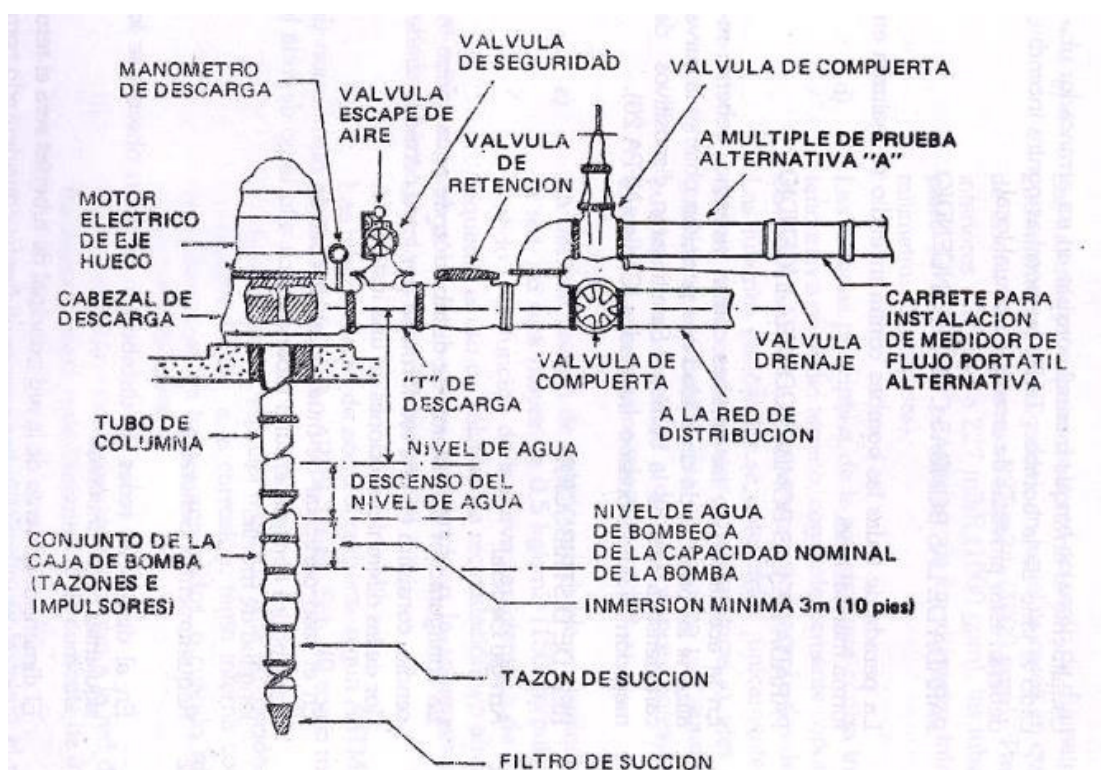


FIGURA 3.2 ESQUEMA DE BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL

Bombas de Presurización (Jockey)

La red de distribución de los sistemas de agua contra incendio, se mantendrá presurizada con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta en la actuación del sistema y para detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones en tuberías.

La bomba presurizadora deberá suministrar un caudal mínimo de $2.4 \text{ m}^3/\text{h}$ (10gpm) a una presión entre 0.58 y 0.98 MPa. (60-100

psi.) para sistemas complejos el caudal mínimo de la bomba presurizadora será de $4.8 \text{ m}^3 / \text{h}$ (20gpm)

Capacidad

Deberá disponerse de un mínimo de dos grupos de bombeo, uno para accionamiento en caso de incendio y otro en by pass, con un cabezal de descarga de 1.47 MPa (150 psi). El accionamiento puede ser por motores eléctricos, motores diesel o turbinas a vapor. En todo caso un grupo de bombeo deberá accionarse con motor diesel.

Presión Residual

Se deberá disponer de una presión residual mínima de 0.784 MPa (80 psi) en el punto hidráulico más desfavorable de la red principal de la tubería contra incendios.

3.- Red de Distribución

La configuración del sistema de distribución de agua contra incendio, consistirá en una red formada por lazos cerrados alrededor de las diferentes secciones de una instalación.

Requerimientos de la Red de Distribución

- a. El dimensionamiento del sistema de agua contra incendios para instalaciones petroleras de la red principal de tuberías,

será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente considerando como caudal de diseño el requerido en la sección o bloque con la mayor demanda. En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una combinación de los métodos Hardy Cross y Hazen –Williams.

- b. La velocidad del agua en las tuberías principales no debe ser mayor de 3m/seg. (8 a 11 pies/seg).
- c. Las tuberías principales de la red de agua contra incendios no serán de diámetro inferior a 200 mm. (8 pulg.) en casos que el caudal de diseño sea superior a 227m³/h (1000 gpm). Para caudales inferiores o iguales a 227m³/h (1000 gpm) las tuberías principales de la red de agua contra incendios no serán de diámetro inferior a 150 mm. (6 pulg.).
- d. La máxima presión de trabajo admisible en cualquier punto de la red, no será mayor de 1.47 MPa (150 psi).
- e. Las tuberías serán de acero al carbono ASTM A-53, ASTM A-106 o API 5L, Cedula 40 como mínimo.

Soportes para las tuberías

Las tuberías de la red de agua contra incendios se tenderán al nivel del terreno convenientemente soportado y anclado de acuerdo a normas y practicas aprobadas de ingeniería. Las

tuberías principales se enterraran únicamente en puntos críticos, tales como cruces con carreteras o vías de acceso. el material de las tuberías puede ser acero ASTM A-120.

El código de la NFPA muestra la siguiente recomendación con lo referente a distancias entre soportes.

TABLA 4
DISTANCIA ENTRE SOPORTES

Diámetro Nominal (pulg.)	Distancia (m.)
2	4.50
3	5.50
4	6.40
6	8.0
8	10.0
10	12.0

Dentro de la red de distribución existen otros subcomponentes tales como:

- Hidrantes industriales
- Monitores

A continuación presentamos sus características y sus rangos de trabajo óptimos en combate contra incendios.

Hidrantes Industriales.

El numero de hidrantes a instalarse, dependerá del requerimiento establecido para cada sección de la instalación. Puede suponerse

que de un hidrante exterior típico se obtendrá un flujo de 42m³/h (185 gpm) por cada boca de descarga a una presión de 0.98 MPa. (100 psi.). Los hidrantes de la red principal estarán dotados como mínimo de cuatro descargas de 63.5 mm.(2.5plg.) de diámetro. A continuación se muestra una tabla suministrada por la AKRON acerca del flujo suministrado por los hidrantes para los pitones y monitores.

TABLA 5

**FLUJO DE PITONES A PRESION NOMINAL DE 0.98 MPA
(100 PSI)**

Diámetro Nominal (mm.)	Diámetro Nominal (pulg.)	Diámetro efectivo (mm.)	Diámetro efectivo (pulg.)	Flujo (m ³ /h)	Flujo (gpm)
40.9	1 ½	15.87	5/8	16.57	73
52.5	2	22.22	7/8	26.79	118
62.7	2 ½	25.4	1	35.20	155

TABLA 6

ESPACIAMIENTOS Y LOCALIZACION DE HIDRANTES

AREAS	REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS
Plantas de proceso	Deberán estar espaciados cada 40 mts. alrededor de las plantas.
Patios de tanques de almacenamiento	Deberán estar ubicados fuera de los muros de contención. En tanques dotados con sistemas de espumas deberán localizarse en relación con las terminales del sistema de espuma de manera que la longitud entre el hidrante y el camión de bomberos no exceda 7.5 m.
Edificios laboratorios talleres , plantas	Los hidrantes deberán ubicarse a una distancia máxima de 15 metros.

Los monitores son dispositivos que permiten la aplicación de agua o espuma para combate de incendios, que pueden ser puestos rápidamente en operación sin necesidad de conectar mangueras, ni estar constantemente atendidos.

Por estas razones, en las instalaciones se las consideran dispositivos básicos de protección. Estos monitores se ubicaran estratégicamente de forma tal que faciliten y hagan efectivas las labores de combate de incendio y enfriamiento de incendios.

Para el caso específico de tanques de almacenamiento, se utiliza un dispositivo de agua pulverizada que consiste de un anillo en la parte superior de las paredes del tanque y un sistema de descarga sobre el techo

TABLA 7

FLUJO DE MONITORES EN FUNCION DE SUS DIAMETROS

Presion Nominal (MPa.)	Presion Nominal (psi.)	Diámetro nominal (mm.)	Diámetro nominal (pulg.)	Flujo (m ³ /h)	Flujo (gpm.)
0.98	100	26.6	1	49.73	219
0.98	100	40.9	1 ½	55.41	244
0.98	100	52.5	2	62.67	276
0.98	100	62.7	2 ½	69.26	305
0.98	100	77.9	3	76.98	339

Sistema de Espuma Contra Incendios para Instalaciones Petroleras.

La refinería “La Libertad “cuenta con el sistema de cámaras de espuma contra incendio, pero el Departamento de Proyectos me pidió analizar este sistema, por lo que a continuación explicare los aspectos básicos de este sistema.

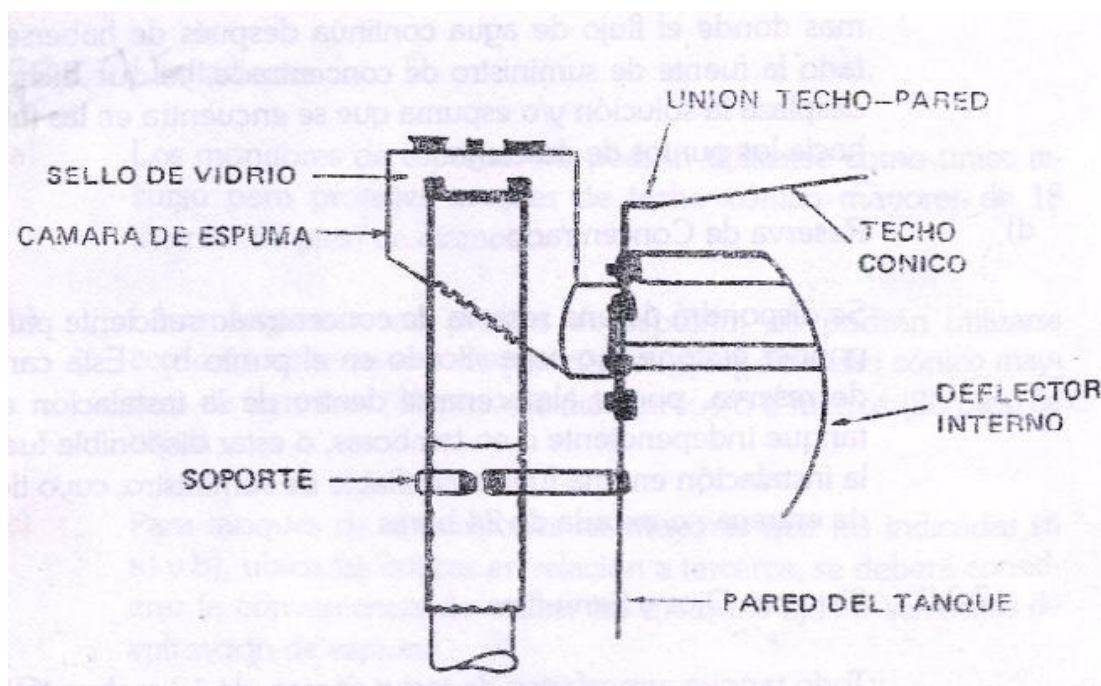


FIGURA 3.3 CAMARA DE ESPUMA

La espuma es una capa homogénea, formada por pequeñas burbujas obtenidas de aire con una solución de agua y concentrado de espuma.

Tiene una densidad menor que el agua y los hidrocarburos, y forma una capa continua sobre estos, impidiendo el contacto de los vapores inflamables con el aire.

Se tiene sistemas de espumas de baja expansión y de alta expansión, caracterizados por el factor de expansión que es relación de volumen final de espuma al volumen de la solución agua-concentrado.

TABLA 8
SISTEMA DE ESPUMA

	FACTOR DE EXPANSION
Baja expansión	20
media expansión	20-200
Alta expansión	Mayor que 200

La espuma de baja expansión se aplica de acuerdo a los criterios de diseño, generalmente en instalaciones de producción, proceso, almacenamiento, y distribución de hidrocarburos y sus derivados.

Los sistemas de espuma de alta expansión se aplican particularmente en la prevención y combate de incendios en grandes superficies combinadas, tales como almacenes, depósito, hangares, etc.

Según la norma PE-SHI-019 de Petroindustrial el sistema de espuma contra incendios para instalaciones petroleras se clasifican en:

Sistema Fijo

Es un sistema completo constituido por una red de distribución, alimentada a partir de una estación central de espuma que contiene el tanque de concentrado y el equipo proporcionador, descargando espuma a través de dispositivos fijos sobre el área a proteger. Todos los componentes del sistema están instalados de forma permanente.

Sistemas Semi Fijo

Es un sistema constituido por dispositivos fijos de descarga para aplicar la espuma sobre el área a proteger, unidos a una red de distribución cuyas conexiones terminales se ubican en un lugar seguro con respecto al área protegida. La red de distribución puede contener o no el generador de espuma. El concentrado de espuma y los equipos necesarios para su dosificación requieren ser transportados al lugar cuando se desea operar el sistema. Una variedad de sistema semi fijo es constituido por tuberías de distribución de solución agua – concentrado, alimentadas a partir de una estación central de espuma. La red de tuberías dispone del suficiente número de conexiones para permitir el acoplamiento de

mangueras hacia el dispositivo portátiles generadoras de espuma, tales como: pitones, monitores de espuma.

Sistemas Móviles

Incluye todas aquellas unidades montadas, sobre ruedas, bien sean autopropulsadas o remolcadas por un vehículo auxiliar. Estos sistemas requieren su conexión a la red de agua contra incendios, de donde obtienen el agua y la presión requerida para la formación de espuma.

Sistemas Portátiles

Incluye todos aquellos sistemas cuyos componentes deben ser transportados a mano.

El sistema que se tiene en refinería “La Libertad”, es un sistema semi-fijo, donde las motobombas alimentan de solución agua-concentrado al sistema de cámaras, a continuación se explica este sistema de inyección.

Inyección de Espuma en Tanques de Techo Cónico.

El método de inyección que se tiene en refinería consiste básicamente en cámaras de espuma instalada en las paredes del tanque, por debajo de la unión techo pared. Las cámaras de espuma

contienen un sello para evitar la salida de los vapores del tanque hacia las tuberías de sistema de espuma.

Las cámaras se interconectan mediante tuberías de distribución de solución agua-concentrado, la cual es suministrada por una estación de espuma que para la refinería, son camiones de bomberos, llamados motobombas, que contienen esta solución.

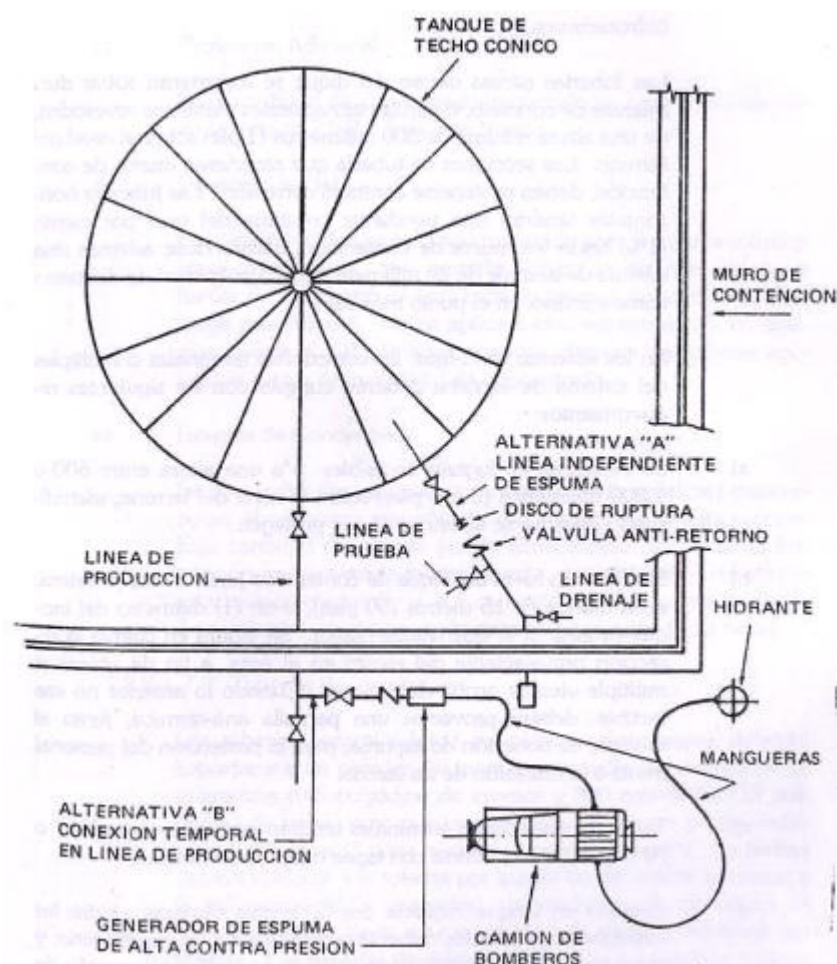


FIGURA 3.4 INYECCION DE ESPUMA EN TANQUES DE TECHO CONICO

Numero de Cámara de Espuma en Tanques de Techo Cónico.

El mínimo de cámaras requeridas variara de acuerdo al diámetro del tanque protegido, conforme a lo establecido en la tabla 9.

TABLA 9
NUMERO DE CÁMARAS DE ESPUMA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO

Diámetro del tanque		Descargas requeridas
Metros	Pies	
Hasta 24	Hasta 80	1
Mas de 24 a 36	Mas de 80 a 120	2
Mas de 36 a 42	Mas de 120 a 140	3
Mas de 42 a 48	Mas de 140 a 160	4
Mas 48 a 54	Mas 160 a 180	5
Mas de 54 a 60	Mas de 180 a 200	6
Mas de 60	Mas de 200	NOTA 1

NOTA 1: Tanques de techo cónico mayores de 60 metros (200 pies) de diámetro requerirán una cámara más, por cada 465 m² (5000 pies²) de superficie adicional respecto al tanque de 60 metros (200 pies) de diámetro.

Inyección de Espuma en Tanques de Techo Flotante.

El sistema de inyección es similar a los tanques de techo cónico, teniendo en cuenta que el techo flotante del tanque debe tener una pantalla de represamiento, con el fin de facilitar la retención de la espuma sobre el área entre la pantalla y la pared.

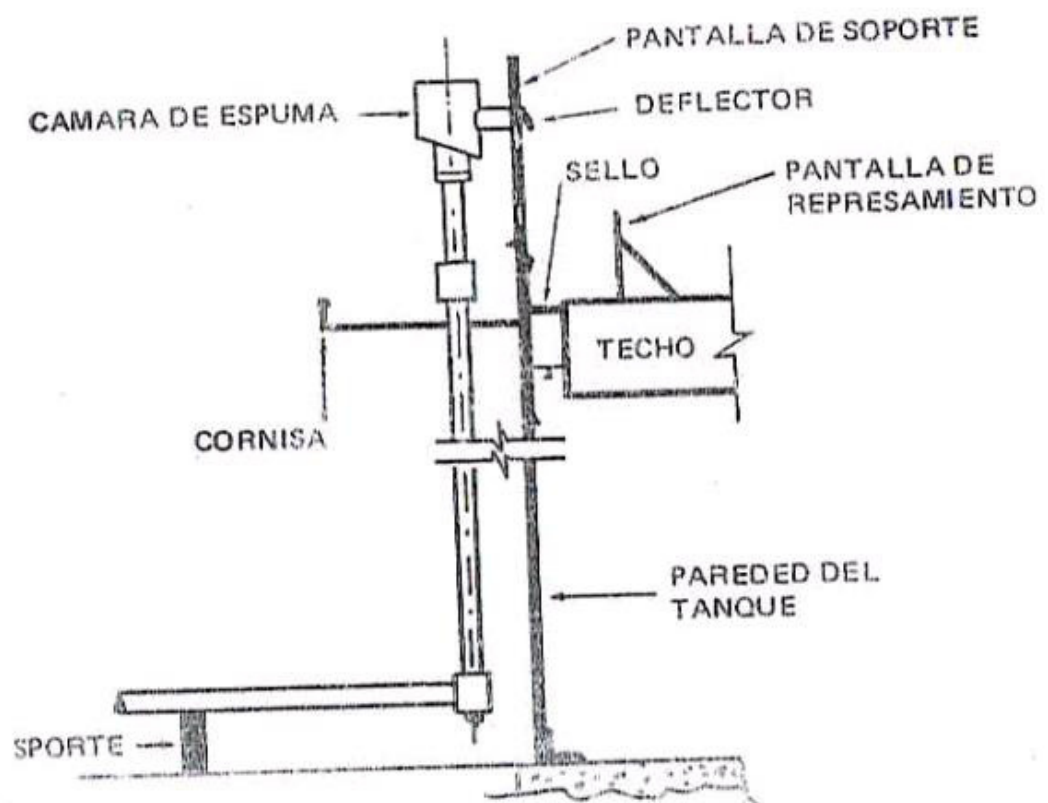
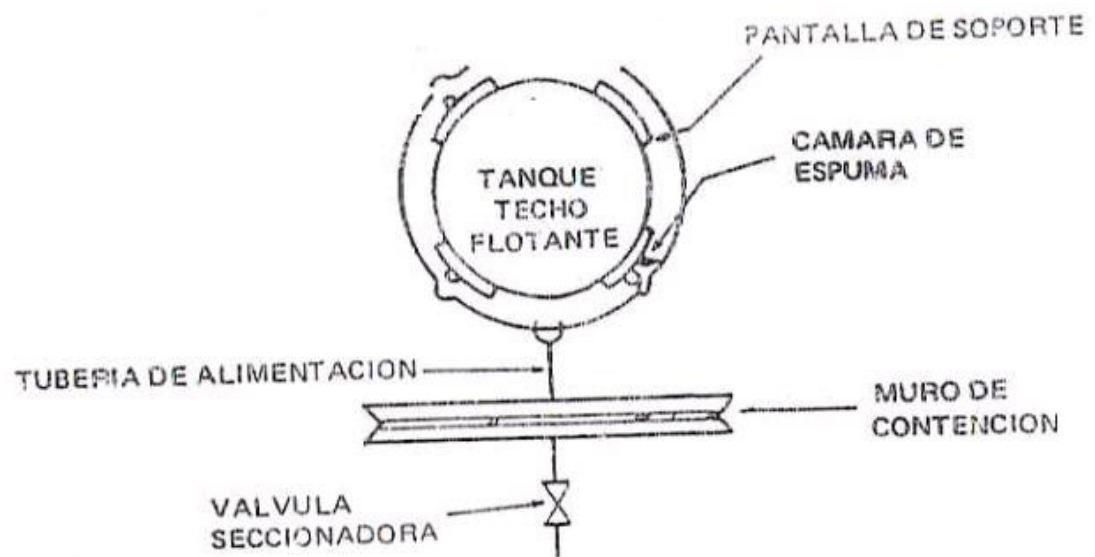


FIGURA 3.5 METODO DE DESCARGA EN TANQUES DE TECHO FLOTANTE

Numero de Cámara de Espuma en Tanques de Techo Flotante.

El número de cámaras de espuma se determina en base al diámetro del tanque. Se instala una cámara cada 12 metros (40 pies) como máximo, medidos a lo largo de la circunferencia del tanque cuando la pantalla de represamiento tenga 0.304 metros (12 pulg.) de altura. Cuando se instalen pantallas de 0.61 centímetros (24 pulg.) de altura, se proveerá una cámara cada 24 metros (80 pies como máximo).

Componentes del Sistema de Espuma Contra Incendios.

Entre los componentes principales de un sistema de espuma tenemos

1. Tipo de espuma.
2. Suministro de agua.
3. Red de descarga.

1. Tipo de espuma.

Entre los tipos de espuma utilizados en instalaciones petroleras tenemos:

Espuma Flouoroproteinica

Espuma elaborado a partir de un concentrado sintético de surfactantes fluorados. Este tipo de espuma presenta cierta resistencia a la contaminación con hidrocarburos, por lo cual resulta adecuada para la aplicación subsuperficies de tanques.

Espuma de película acuosa (AFFF)

Espuma elaborada a partir de un concentrado sintético de de surfactantes fluorados y aditivos estabilizadores, que permite establecer una capa que separa los vapores inflamables del aire.

Espumas Especiales

Para el combate de incendios en líquidos que son solubles en agua, o que atacan químicamente a las espumas mencionadas, se han desarrollado tipos especiales de concentrado de espuma .Este tipo de espuma se denomina “Tipo Alcohol” o “Solvente Polar”, y su composición química es muy variable.

Espuma universal

Espuma lograda a partir de un concentrado especialmente formulado, que permite su aplicación tanto en incendios de hidrocarburos líquidos ordinarios como líquidos solubles en agua o solventes polares.

Suministro de Concentrado de Espuma.

El tipo de concentrado de espuma a utilizar deberá ser compatible con el tipo de método de aplicación con el que se va a proteger la

instalación. En la tabla 10 se presenta una guía para la selección del tipo de concentrado de espuma.

TABLA 10

TIPO DE CONCENTRADO Y MÉTODOS DE APLICACIÓN

Tipo de concentrado	Hidrocarburos Líquidos		
	Cámaras en el tope	Inyección bajo superficie	Monitores o mangueras
Flourproteinica	R	R	R
Espuma de película acuosa	R	R	R
Universal	RL	RL	RL
Alcohol	NA	NA	NA

R = Recomendada

NA = No aplicable

RL = Recomendada con limitaciones.

Cantidad de Concentrado de Espuma

La cantidad de concentrado de espuma deberá determinarse en base al mayor riesgo a proteger o al grupo de riesgos que requieran ser protegidos en forma simultanea. El requerimiento de espuma se determinara a partir de la siguiente formula, utilizando los valores correspondientes al riesgo mayor.

$$Q_{CE} = \frac{A_C \times T_A \times t_D \times \%c}{100}$$

Donde:

Q_{CE} = Requerimiento de concentrado m^3 (gal)

A_C = Área de cobertura m^2 (pie²)

T_A = Tasa de aplicación $\frac{m^3 / h}{m^2}$ (gpm/pie²)

t_d = tiempo de descarga h (min.)

%c = Porcentaje de concentrado en la solución agua concentrado
3% o 6%)

2. Suministro de agua

Requerimientos de agua.

El requerimiento total para la formación de espuma, será la suma de los requerimientos parciales de todos los dispositivos de espuma que requieren operar simultáneamente, a la tasa de aplicación y tiempo de descarga establecido. Este requerimiento se obtendrá de la siguiente formula.

$$Q_A = \frac{A_C \times T_A \times t_D \times \%a}{100}$$

Donde:

Q_A = Requerimiento de agua m^3 (gal)

A_c = Área de cobertura m^2 (pie²)

T_A = Tasa de aplicación $\frac{m^3 / h}{m^2}$ (gpm/pie²)

t_d = tiempo de descarga h (min.)

%a = Porcentaje de agua en la solución agua concentrado (97% o 94%) dependiendo del concentrado de espuma utilizado

TABLA 11

DURACION MINIMA DE LA DESCARGA DE ESPUMA

Líquido contenido en el tanque	Duración (minutos)
a) Hidrocarburos líquidos	
Combustibles clase III B	25
Combustibles clase II y III A.	30
Inflamables Clase I	55
Petróleo Crudo	55
b) Líquidos Inflamables y Combustibles, tipo solvente polares	55

Requerimiento de Presión y Temperatura

Es necesario asegurarse que los valores de presión obtenidos en cada uno de los dispositivos, bajo las condiciones de flujo requerido, correspondan a los indicados por el fabricante del equipo además la temperatura optima del agua para lograr una adecuada generación de espuma esta entre los 4°C y los 37.8°C (40°F y los 100°F)

Calidad Del Agua.

El agua para los sistemas de espuma podrá ser utilizada tal como se obtiene de su fuente natural (dulce, salada dura o blanda). Sin embargo, se requiere que el agua este exenta de inhibidores que pudiesen crear efectos negativos en la formación o estabilidad de la espuma.

En los sistemas semi fijos, el almacenamiento de concentrado de espuma y los proporcionadores requeridos, estará bajo la custodia de la unidad responsable de la operación de estos sistemas. En todo caso, deberán asegurarse las facilidades para carga y transporte de concentrado hasta los puntos de inyección. En particular se deberá disponer de facilidades para recarga rápida de concentrado de espuma.

4. Red de Descarga de Solución Agua Concentrado y Espuma.**Tuberías para Solución Agua Concentrado Espuma.**

Las tuberías que manejan solución agua concentrado deben ser de acero al carbono ASTM A-53, ASTM A- 105 o API 5L.

En el diseño de tuberías de espuma, debe incluir facilidades para el lavado con agua dulce después de usar el sistema. Todas las tuberías de distribución de espuma deberán pintarse de color amarillo.

Mangueras para Protección Adicional

Además del sistema fijo o semi fijo instalado en el tanque debe disponerse de protección adicional para extinguir incendios de líquidos derramados en el cubeto del tanque.

Las mangueras deberán descargar como mínimo 189 l/min. (50 gpm) de solución cada una. El numero mínimo de mangueras y la duración mínima de descarga variara de acuerdo al diámetro del tanque tal como se especifica en la siguiente tabla.

TABLA 12

PROTECCION ADICIONAL CON MANGUERAS

Diámetro del tanque		Numero de mangueras	Duración de descarga
Metros	Pies		
Hasta 10	Hasta 35	1	10
mas de 10.5 hasta 19.5	de 35 hasta 65	1	20
mas de 19.5 hasta 28.5	mas de 65 hasta 95	2	20
mas de 28.5 hasta 36	mas de 95 hasta 120	2	30
mas de 36	mas de 120	3	30

Todos los criterios expuestos anteriormente serán utilizados para la construcción o implementación de la reingeniería del sistema contra incendios de la refinería “La Libertad”, teniendo en cuenta que debemos utilizar en lo posible el sistema ya existente.

CAPITULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA REFINERÍA.

En esta parte se calculara todos lo componentes del sistema es decir, selección de concentrado de espuma, numero de cámaras de espuma, selección de medio de enfriamiento, calculo de tuberías de todo el sistema, sistema de bombeo.

Todos los parámetros calculados serán comparados con los del sistema existentes, como por ejemplo la red de distribución y su tubería secundaria, con la finalidad de ver si son compatibles con la nueva implementación que se realizara, como son el sistema de bombeo y un tramo de tubería a construir, de ser así, esta red solo seria modificada de tal manera que el sistema sea en anillo cerrado.

4.1. Descripción General del nuevo sistema contra incendios

La nueva red contra incendios será independiente de cualquier proceso y solo se usara en combate contra incendios, entre sus partes tenemos:

Reservorio de agua.

Sistema de tuberías.

Sistema de bombeo.

Reservorio de Agua.

Estará ubicado en el sector “Crucita” y abastecerá en caso de incendios de las dos unidades. Se aprovechara su altura sobre el sector “La Libertad” y con la ayuda de la bomba secundaria, mantener presurizada la línea.

Sistema de Tuberías.

Se prevee la construcción del tramo que va desde el reservorio hasta la unidad “La Libertad”, en cuanto a la red de tubería existente en ambas unidades, esta podría ser reutilizada siempre que concuerde con los cálculos de diámetros seleccionados, previo análisis de espesor de la tubería.

En cuanto a las tuberías secundarias estas se construirán basándose en el diámetro de las existentes, se terminara de cerrar

estos anillos, de tal forma que ninguna sección de la instalación, quede sin protección del sistema de agua contra incendios, por más de dos lados adyacentes.

Además se construirá el sistema de agua pulverizada para los tanques de techo flotante del sector Crucita, para que sea el medio de enfriamiento en caso de incendio sobre las paredes de los tanques, ya que 4 de sus cinco tanques no poseen este sistema, el distanciamiento es mínimo entre ellos, las cercanías de este sector se encuentra poblado, lo que constituye un riesgo no solo para la empresa sino también para la comunidad.

Sistema de Bombeo.

La bomba o sistema de bombeo principal será el corazón del sistema, capaz de suministrar el caudal necesario para combatir el incendio, basándonos en el punto más crítico de la instalación y a la presión recomendadas por las normas, vale recalcar que esta bomba solo se accionara en caso de incendio, por lo que para mantener presurizada la línea y evitar que exista el golpe de ariete en el momento de accionamiento, se seleccionara una bomba denominada jockey.

4.2. Criterios Utilizados para Diseño del Sistema

Los criterios presentados a continuación, están basados en el supuesto de incendio en los tanques de almacenamiento, que son los puntos de mayor riesgo en la refinería, por tal motivo la siguiente secuencia de calculo y diseño estará basado en ellos.

1. Se determinara las necesidades de abastecimiento de agua contra incendios basados en un proceso de inventariado, sobre los tanques de abastecimiento, de esta manera se determinara la máxima necesidad de agua necesaria, para extinción, enfriamiento y protección adicional de las instalaciones en caso que ocurra un incendio.
2. Se calculara la capacidad del reservorio de agua basados en la máxima demanda hallado en el inciso anterior de tal manera que abastezca por un mínimo de 6 horas
3. Se diseñara la red de distribución principal, la secundaria en anillo cerrado y la de agua pulverizada.

Estos tanques cuentan con el sistema de espuma para la extinción de incendios, pero se me solicito que haga un estudio del sistema para analizar su fiabilidad.

En general, se calculara los diámetros de todas las tuberías en función de caudal, presión y pérdidas de fricción, así mismo se seleccionara el sistema de bombeo basados en el máximo caudal y presión requeridos.

4.3. Diseño y Selección del Sistema de Extinción.

Esta parte constituye un estudio sobre el sistema existente en refinería, así debido a la distribución y al área de la planta se cuenta con un sistema semi fijo con dispositivos fijos de descarga sobre el tanque a proteger cuyas terminales se sitúan adyacentes a la tubería madre y son alimentados en caso de incendio por carros de espuma o también llamados motobombas pertenecientes a la empresa.

Selección del tipo de concentrado

De acuerdo a la tabla 10, la espuma flouroproteinicas es la recomendada por su resistencia a la contaminación por hidrocarburos por que resulta adecuada para la aplicación superficial o subsuperficial de tanques.

Tipo de concentrado: Espuma Flouroproteinica

Cantidad de Concentrado de Espuma.

Para determinar la cantidad de concentrado de espuma se analizo los tanques de techo fijo y flotante.

Aunque los tanques de techo flotante son de una dimensión mayor estos requieren menor cantidad de espuma debido a que su área expuesta al fuego es un anillo concéntrico en la parte superior del tanque ,así tenemos que considerar los tanques de techo cónico y en este caso, el tanque 9 que es el de mayor diámetro. Para calcular la cantidad de concentrado tenemos.

$$Q_{CE} = \frac{A_C \times T_A \times t_d \times \%c}{100}$$

Donde:

$$A_C = 931.57 \text{ m}^2$$

$$T_A = 0.246 \frac{\text{m}^3 / \text{h}}{\text{m}^2}$$

$$t_d = 0.91 \text{ h}$$

$$\%c = 3$$

$$Q_{CE} = \frac{931.57 \times 0.246 \times 0.91 \times 3}{100}$$

$$Q_{CE} = 6.25 \text{ m}^3 \text{ (1654 gal)}$$

También debemos tener en cuenta la protección adicional para el área de los cubetos en caso de derrame.

De acuerdo a la tabla 12 tenemos que utilizar dos mangueras con un caudal de descarga de $11.35 \text{ m}^3 / \text{h}$ (50 gpm.) de solución agua - concentrado durante 0.5 horas

$$Q = 2 \times 11.35 \times 0.5$$

$$Q = 11.35 \text{ m}^3$$

De esta cantidad sabemos que el 3% es de concentrado de espuma.

$$Q_{EA} = 0.3405 \text{ m}^3$$

Por lo que la cantidad total de concentrado de espuma será.

$$Q_{ET} = Q_{CE} + Q_{EA}$$

$$Q_{ET} = 6.25 \text{ m}^3 + 0.3405 \text{ m}^3$$

$$Q_{ET} = 6.59 \text{ m}^3 \text{ (1743 gal.)}$$

Pero el concentrado de espuma se comercializa en tambores cada uno de 55 galones, calcularemos la cantidad de tambores requeridos.

$$\#T = \frac{Q_{ET}}{55}$$

$$\#T = 38 \text{ tambores}$$

Entonces, se tiene que tener en stock una cantidad mínima de 38 tambores, la refinería usa este tipo de espuma y su reserva es de 50 tambores, por lo que en esta parte cumple con los requerimientos.

4.4. Selección del Sistema de Enfriamiento

El medio de enfriamiento que utilizaremos es el agua dulce, tomada de la empresa AGUAPEN, determinando la cantidad del líquido utilizando los criterios vistos en el capítulo 3, tomando en consideración la cantidad de agua que debemos utilizar para el sistema de extinción con espuma y así en base a esto se dimensionará el sistema de tuberías y su respectivo sistema de bombeo.

4.4.1. Cálculo y Dimensionamiento de Reservorio de Agua.

El reservorio de agua se determinará en base a todas las demandas de agua para el sistema es decir enfriamiento, extinción con espuma y protección adicional.

Cantidad de Agua para el Sistema de Enfriamiento

De acuerdo al criterio visto en el capítulo 3 tenemos.

TABLA 13

TASA DE APLICACIÓN DE AGUA

Tasa de Aplicación	Area de Aplicación
1,04 m ³ /h	Por cada metro de circunferencia para enfriamiento de las paredes
0,098 m ³ /h	Por cada metro cuadrado sobre la superficie del techo

Estas tasas de aplicación en el cuadrante de mayor consumo en un radio de acción de 2D, siendo D, el diámetro del tanque de mayor consumo.

Así, el tanque de mayor consumo es el T9 y los tanques que se verán afectados son el T6 y el T10 para lo cual tenemos.

TABLA 14

DATOS DE ANALISIS AL TANQUE 9

Tanque	Diámetro (metros)	Factor de llenado (e)
9	34.44	0.8
6	32.61	0.8
10	32.61	0.8

Por lo que el caudal requerido para enfriamiento es:

$$Q_{AE} = 1.04\pi eD_9 + \frac{1.04\pi eD_6}{2} + \frac{0.098\pi D_6^2}{4} + \frac{1.04\pi eD_{10}}{2} + \frac{0.098\pi D_{10}^2}{4}$$

$$Q_{AE} = (90.01 + ((42.61) + (81.84)) + ((42.61) + (81.84))) m^3 / h$$

$$Q_{AE} = 338.91 \text{ m}^3 / h$$

Cantidad de Agua para el Sistema de Extinción.

La cantidad utilizada para el sistema de extinción esta dada por:

$$Q_A = \frac{A_C \times T_A \times t_d \times \%a}{100}$$

Donde:

$$A_C = 931.57 \text{ m}^2$$

$$T_A = 0.246 \frac{\text{m}^3 / h}{\text{m}^2}$$

$$t_d = 0.91 \text{ h}$$

$$\%a = 97$$

$$Q_A = \frac{931.57 \times 0.246 \times 0.91 \times 97}{100} \text{ m}^3 / h$$

$$Q_A = 202.28 \text{ m}^3 / h$$

Cantidad de Agua para Protección Adicional.

Como la cantidad de solución ya calculada era de 11.35 m^3 y el 97% es de agua, tendríamos 11 m^3 , que aplicados durante 0.5 horas obtendríamos:

$$Q_{AA} = 22 \text{ m}^3 / \text{h}$$

De esta manera la cantidad de agua total seria la suma de todos los requerimientos:

$$Q_{AT} = Q_{AE} + Q_A + Q_{AA}$$

$$Q_{AT} = (338.91 + 202.28 + 22) \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{AT} = 563.19 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (2479.92 \text{ gpm})$$

Este caudal debe ser capaz de abastecer mínimo durante seis horas, por razones de seguridad se planteo un tiempo de 8 horas, así el volumen de líquido en el reservorio debería ser:

$$V_R = 563.19 \times 6$$

$$V_R = 3379.14 \text{ m}^3$$

Una vez analizado esta capacidad se concluyo que el reservorio deberla ser de 4000 m^3 y estará, ubicado en los terrenos de Crucita, al lado del tanque 51, el plano 1 muestra el trazado del reservorio, que sumado al reservorio de hormigón armado de 1000 m^3 nos da un total de 5000 m^3 .

De acuerdo al diseño el reservorio tendrá un espejo de 3199 m^2 y una profundidad de 1.5 metros con gradiente o pequeña

inclinación hacia el lugar o punto donde se ubicara la caseta de bombeo tal como se muestra en los plano 2.

El reservorio que se construirá se lo utilizara como parque ecológico, en el plano 3 se muestra el diseño general del reservorio.

4.4.2. Cálculo y Dimensionamiento de Sistema de Tuberías.

En esta parte se seleccionara los diámetros de la tubería principal, tuberías secundaria, que formaran el sistema de anillos cerrado alrededor de la tubería principal, en caso de coincidir con la existente, este podría ser reutilizada, así mismo se escogerá los diámetros para la construcción del sistema de agua pulverizada, qué consiste en anillos con boquillas rociadoras en la parte superior de las paredes del tanque, inexistentes en el sector Crucita, además del sistema de descarga sobre el techo y las tuberías para la aplicación de agua concentrado-concentrado para la extinción del incendio.

Calculo del Sistema de tubería principal

Para el cálculo del tramo de la tubería principal que va a ser construido, nos basaremos en la norma SH – 18 de Petroindustrial que nos dice que debemos utilizar el método de Hazen – Williams por lo que tenemos:

$$D^{2.63} = \frac{Q}{7.63 \times 10^{-8} C ((P_1 - P_2)/L)^{0.54}}$$

Donde:

Q = Caudal en m³ / h

C = 140 para tubería nueva.

L = longitud de la tubería en metros.

P₁ – P₂ = Caída de presión a través de la tubería.

Donde, el caudal ya fue calculado en la sección anterior, pero a pedido del Departamento de Proyectos de la Refinería, se indico que se utilizara un caudal de diseño de 567.75 m³ / h (2500 gpm).

En cuanto a la caída de presión, se estima en 0.49MPa (50 psi), debido a que el cabezal de descarga de la bomba de acuerdo a las normas es es 1.47 MPa. (150 psi) y la presión de trabajo es de alrededor de 0.98MPa. (100 psi), por lo que utilizando estos datos tenemos.

$$D^{2.63} = \frac{567.75}{7.63 \times 10^{-8} \times 140 ((490000)/1270.10)^{0.54}}$$

D = 254.92 mm (10.03 pulg)

Por lo que el diámetro nominal de la tubería principal según la formula es 10", pero ahora comprobaremos las pérdidas de presión a la velocidad recomendada de 3 m/seg. y el diámetro calculado, si las perdidas de presión son mayores, el criterio anterior no es valido para lo cual utilizaremos:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{fLV^2}{2Dg} + \frac{K_L V^2}{2g}$$

Necesitamos el factor de fricción f , por lo tanto utilizaremos el número de Reynolds como sigue:

$$R_E = \frac{\rho v D}{\mu}$$

De la figura 4.1 determinamos la rugosidad relativa para hierro fundido $\epsilon/d = 0.001$ y de la figura 4.2 hallamos el factor de fricción $f = 0.013$

Remplazando datos tenemos

$$R_E = \frac{999 \times 3 \times 0.254}{1.12 \times 10^{-3}}$$

$$R_E = 679676.78$$

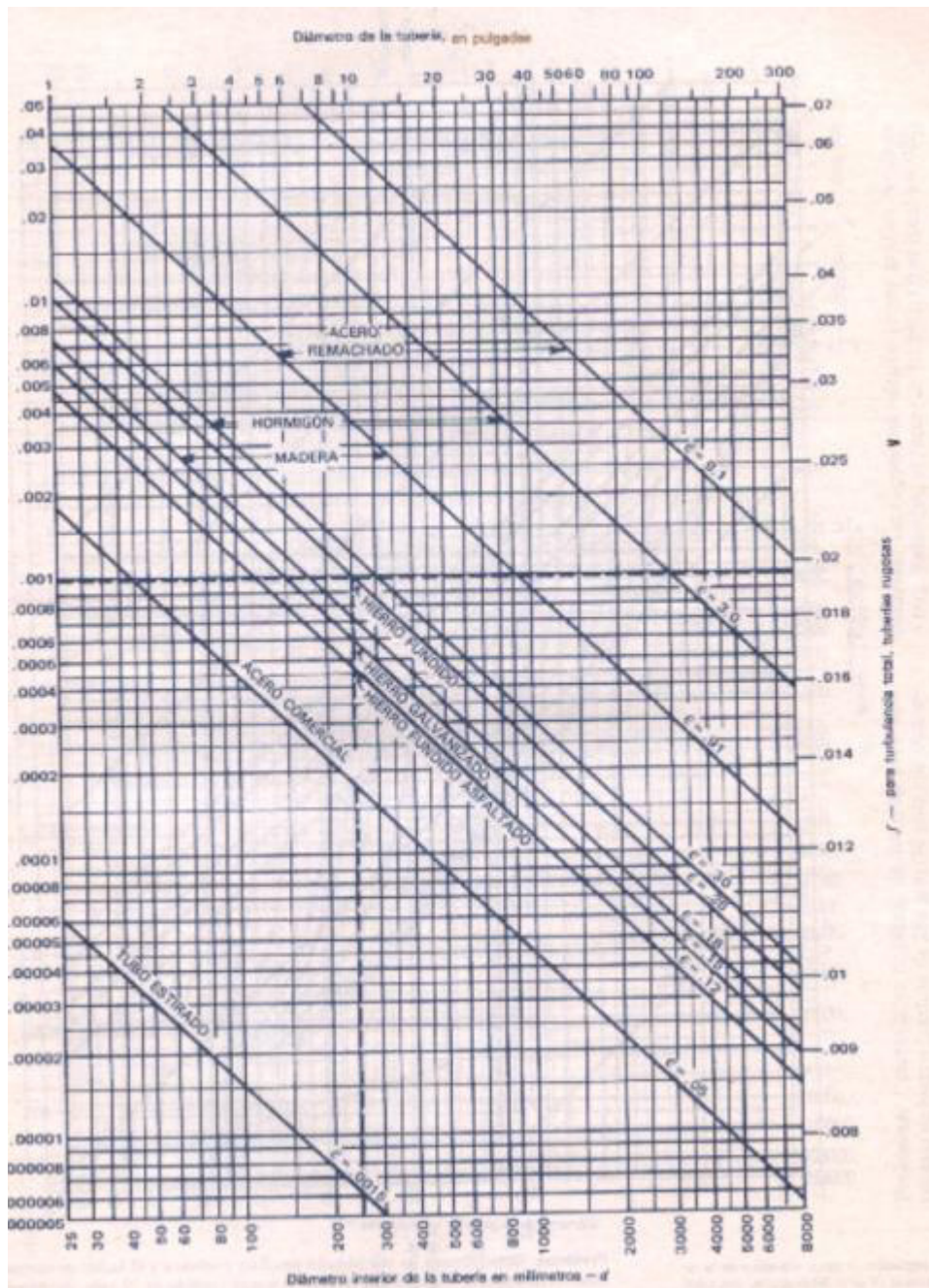


FIGURA 4.1 RUGOSIDAD RELATIVA DE LOS MATERIALES DE LAS TUBERÍAS

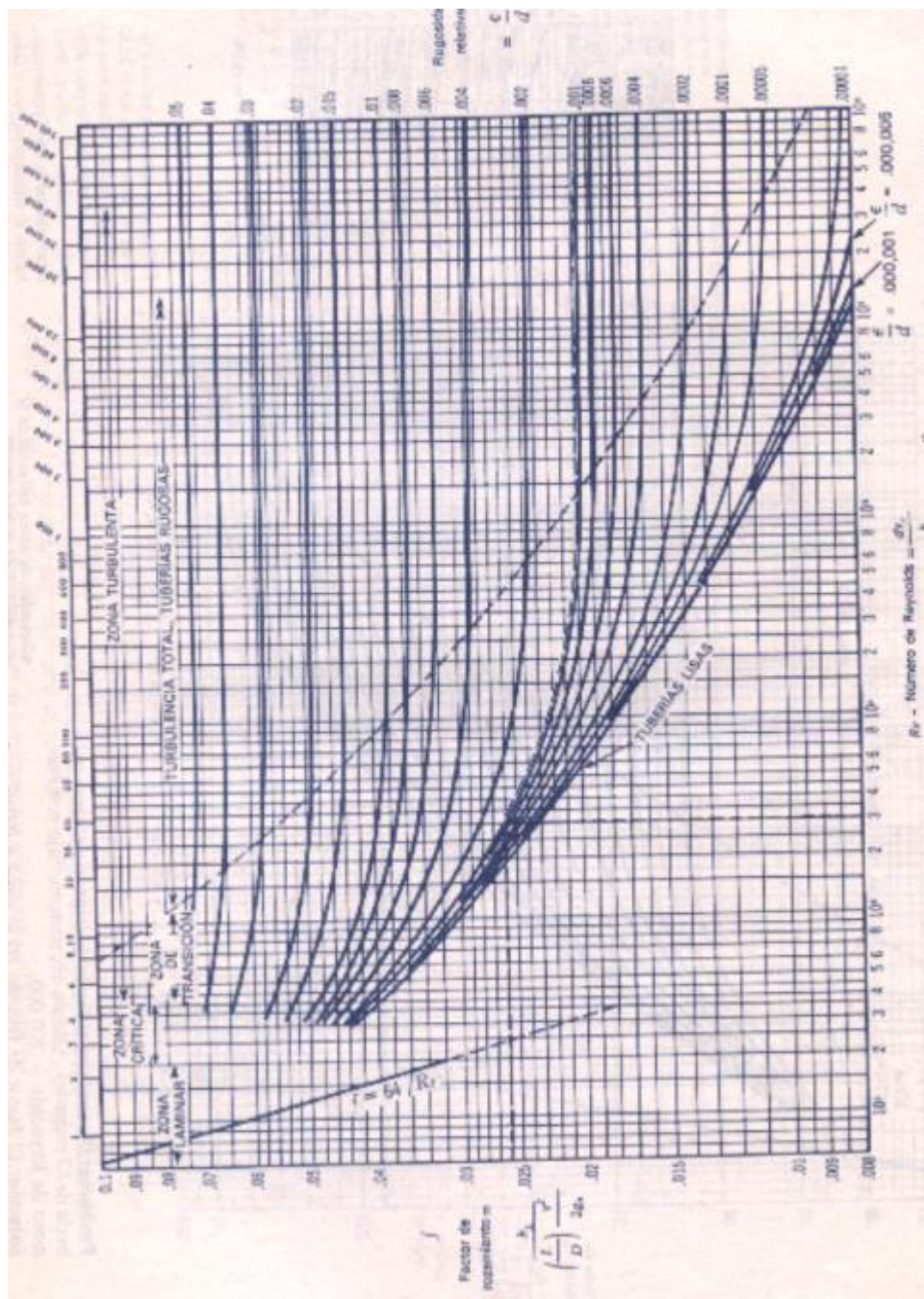


FIGURA 4.2 FACTORES DE FRICCIÓN PARA TODO TIPO DE TUBERÍA

$$P_1 - P_2 = \gamma \times \left(\frac{V_2^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + \frac{fLV^2}{2Dg} + \frac{K_L V^2}{2g} \right)$$

$$P_1 - P_2 = 183.4 \times \left(\frac{10^2}{64.4} + 26.24 - 32.80 + \frac{0.013 \times 4167.64 \times 10^2}{0.833 \times 64.4} + \frac{5.7 \times 10^2}{64.4} \right)$$

$$P_1 - P_2 = 8327.28 \text{ lbr/pie}^2$$

o en psi tenemos

$$P_1 - P_2 = 45.40 \text{ psi}$$

En base a que las perdidas de presión resultaron menores que las supuestas en la formula de de Hazen – Williams, el diámetro escogido para el tramo de tubería principal que se va a construir es de 10 pulg.

Este diámetro concuerda con el del sistema ya existente, por lo que no hay que modificar el diámetro de la tubería principal. Lo que quedaría por construir es el tramo de tubería de 800 metros desde Crucita hasta La Libertad.

Calculo del Sistema de Tubería Secundaria.

En un sistema contra incendios, la tubería secundaria esta constituida por los denominados anillos que forman un sistema cerrado, con el objetivo de mantener el nivel de presión y para abastecer un caudal requerido en puntos no cercanos a la

tubería principal. En la unidad “La Libertad” y “Crucita” el diámetro existente es de 6 pulg.

A continuación se presenta la tabla 15 donde se presenta los niveles de caudal optimo elaboradas por la NFPA 20 para combate contra incendio.

TABLA 15

TAMAÑO MINIMO DE TUBERÍA DE ACUERDO A NFPA 20

Caudal (gpm)	Diámetro (plg)	Caudal (gpm)	Diámetro (plg)
25	1 ½	1000	6
50	1 ½	1250	8
100	2	1500	8
150	2	2000	10
200	3	2500	10
250	3 ½	3000	12
300	4	3500	12
400	4	4000	14
500	5	4500	14
750	6	5000	16

Conociendo que el caudal transportado por la tubería principal es de 2500 gpm y que este se repartirá entre esta y la tubería secundaria cumple que:

$$Q = Q_P + Q_S$$

$$Q_P + Q_S = 2500$$

De la tabla vemos que la tubería principal conserva un nivel óptimo hasta un caudal de 2000 gpm, por lo que la tubería secundaria, estaría en capacidad de transportar 500 gpm a

una velocidad recomendada por la NFPA entre 2.4 y 3.3 m/s (8 y 11 pies /seg) de ahí:

$$Q_s = 2500 - Q_p$$

$$Q_s = 2500 - 2000$$

$$Q_s = 500 \text{ gpm o}$$

$$Q_s = 0.0315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tomando una velocidad promedio de 2.8 m/s y realizando el cálculo tenemos:

$$Q_s = \frac{\pi D_s^2 V}{4}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times Q_s}{\pi \times V}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times 0.0315}{\pi \times 2.8}}$$

$$D_s = 0.12 \text{ m.}$$

$$D_s = 5 \text{ pulg.}$$

En base a este calculo el diámetro de la tubería secundaria seleccionada debería ser de 5 pulgadas, lo que concuerda con la tabla de la NFPA, pero comercialmente no encontramos esta medida y siendo la existente de 6 pulg. Se decidió

mantener esta tubería, pero acabar de cerrar los anillos del sistema.

Selección de tuberías para sistema de agua pulverizada.

Estas tuberías van conectadas desde la tubería principal hacia la parte superior de las paredes de tanques, constituyéndose en anillos alrededor de esta, con el fin de enfriar las paredes en caso de que ocurra algún incendio.

Debido a la cantidad de tanques es necesario agruparlos en función de sus diámetros, así estandarizaremos medidas de los diámetros secundarios seleccionados.

TABLA 16

CLASIFICACION DE TANQUES EN FUNCION DE DIAMETROS

	Diámetro (pies)	Diámetro Máximo (pies)
G1	$D > 164$	172
G2	$98 < D < 164$	120
G3	$49 < D < 98$	89.23
G4	$D < 49$	44.98

Ahora se procederá a estimar el caudal necesario para enfriamiento y los diámetros de las tuberías secundarias, tomando en cuenta que es un sistema en paralelo donde el caudal total es igual a la suma de los caudales que circula en

cada tubería y la pérdida de carga experimentada por cualquier partícula que se desplace entre dos ubicaciones es la misma independiente de la trayectoria seguida por lo que tenemos:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots Q_N$$

y

$$H_{L1} = H_{L2} = H_{L3} \dots H_{LN}$$

La pérdida de carga H_L estará constituida por la caída de presión entre la red de la tubería principal y la entrada al anillo de distribución.

$$H_L = (P_1 - P_P) - (P_1 - P_2)$$

$$H_L = 60.49 - 46.28$$

$$H_L = 14.21 \text{ psi}$$

La longitud de esta tubería desde la red principal hacia la parte superior de los tanques es de alrededor de 150 pies. En las tablas de flujo de la CRANE encontramos las pérdidas de presión por cada 100 pies, por lo que mediante una regla de tres tenemos

$$14.21 \text{ psi} \longrightarrow 150$$

$$H_{L/100} \longrightarrow 100$$

$$H_{L/100} = 9.62 \text{ psi}$$

Por lo que las pérdidas de presión para este tubería por cada 100 pies de longitud será $H_{L/100} = 9.62$ psi, además considerando que para el G1, G2, G3, el caudal será repartido en dos líneas de distribución, con una velocidad de descarga alrededor de 10 pies/seg., seleccionaremos el diámetro utilizando la tabla 15 cumpliendo con las características antes mencionadas.

TABLA 17

DIÁMETRO DE TUBERÍA SELECCIONADO PARA SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

	Q (gpm) $1.4\pi Df$	Q (gpm) Por línea	Diámetro (pulg)
G1	529.54	264.77	3
G2	369.45	184.72	3
G3	274.71	137.35	2
G4	138.48	138.48	2

Selección de Tuberías para Descarga sobre el Techo.

Este sistema de tuberías solo se lo utiliza para tanques de techo cónico, con el objetivo de enfriar el techo del tanque y las paredes, cuya tubería va desde la red principal hacia la parte superior del centro del techo cónico. La refinería cuenta con este sistema, cuyos valores de diámetro son los siguientes.

TABLA 18**DIAMETRO DE TUBERIA PARA DESCARGA SOBRE EL
TECHO EXISTENTES EN REFINERIA.**

	Diámetro (pulg.)
G1	-
G2	4
G3	3
G4	2

Utilizando los mismos criterios que en los anillos de distribución de agua pulverizada, realizamos la siguiente selección.

TABLA 19**DIÁMETRO DE TUBERÍA SELECCIONADO PARA
DESCARGA SOBRE EL TECHO**

	Q (gpm) ($0.04\pi D^2/4$)	Diámetro (pulg.)
G1	-	-
G2	401	4
G3	250.18	3
G4	63.53	2

Estos valores concuerdan con la existente, por lo que no hay motivo de cambio de esta tubería.

Selección de tuberías para la aplicación de agua-concentrado y espuma.

Aunque la los tanques de almacenamiento de la refinería, ya cuentan con este sistema, los técnicos de Petroindustrial solicitaron que haga el calculo correspondiente para analizar si el sistema de cámaras de espuma esta correctamente diseñado, lo que comprendería calcular numero de cámaras, seleccionar diámetros de tuberías que transporten agua-concentrado y espuma.

Por tal motivo debemos analizar las diferencias que existen entre tanques de techo cónico y tanques de techo flotante. Para tanques de techo cónico se tiene que considerar toda el área del techo del tanque, mientras que para los tanques de techo flotante, solo el área anular entre la pantalla de represamiento y las paredes del tanque.

Además, para nuestro calculo tenemos que tener en cuenta como trabaja la fuente de abastecimiento, que para nuestro caso son las motobombas, que contienen el concentrado de espuma, que conectadas a la línea principal de agua, proporcionan la solución agua concentrado, para descargarlas en las líneas de distribución hacia las cámaras de espuma, a

continuación se presenta el rango de caudal y presión a las que trabajan las motobombas.

TABLA 20
RANGO DE TRABAJO DE LAS MOTOBOMBAS

Caudal (gpm)	Presion (psi)
1545	150
1095	200
775	250
500	300

Selección de Tuberías para la aplicación de agua-concentrado y espuma para tanques de techo cónico.

Para determinar el número de cámaras para tanques de techo cónico nos referiremos a la tabla 9.

Para efectos del calculo se utilizara la formula para caudal agua concentrado

$$Q_{AC} = A_C \times T_A$$

Mediante la formula se calculara Q_{AC} , y comparar con los datos de las tabla 20 los niveles de caudal y presión requeridos para cada cámara, alimentada por tuberías independientes de agua- concentrado, y estas a su vez a las tuberías que conducen la espuma hacia las cámaras.

El sistema de tuberías esta conformado de la siguiente manera:

1. Un sistema tuberías, independiente para cada cámara, que transportan solución agua-concentrado, que van desde el pie de la tubería principal hacia la parte superior de las paredes del tanque y, a la que denominaremos D_{AC} .
2. Una vez formada la espuma esta se transporta por medio de tuberías y llega a las cámaras de distribución, estas tuberías las denominaremos D_E

TABLA 21

**FLUJO AGUA-CONCENTRADO Y ESPUMA PARA
TANQUES DE TECHO CONICO.**

	Numero de Cámaras	Q_{AC} (gpm)	Q_T (gpm)	Q_{ACU} (gpm)	Q_E (gpm)
G1	5	1002.87	1095	219.05	876
G2	4	625.47	775	193.75	775
G3	3	158.9	500	166	664
G4	-	-		-	-

TABLA 22

**SELECCIÓN DE TUBERÍAS AGUA-CONCENTRADO Y
ESPUMA PARA TANQUES DE TECHO CONICO.**

	D_{AC} (pulg.)	D_E (pulg.)
G1	2 ½	4
G2	2 ½	4
G3	2 ½	4
G4	-	-

TABLA 23

**TUBERÍAS AGUA-CONCENTRADO Y ESPUMA PARA
TANQUES DE TECHO CONICO EXISTENTES EN
REFINERIA.**

	D _{AC} (pulg.)	D _E (pulg.)
G1	2	4
G2	2	4
G3	2	4
G4	-	-

Los valores seleccionados de diámetros concuerdan dentro de límites aceptables, con los existentes.

Selección de Tuberías para la aplicación de agua-concentrado y espuma para tanque de techo flotante.

Para determinar el numero de cámaras para tanques de techo flotante, NFPA recomienda una cámara cada 40 pies como máximo, medidos a lo largo de la circunferencia del tanque, y una tasa mínima de 0.30 gpm/pie² sobre el área anular entre la pantalla de represamiento y las paredes del tanque. Por motivos de seguridad se ha escogido una tasa de 0.60 gpm/pie².

El sistema de tuberías esta conformado de la siguiente manera:

1. Un sistema de dos tuberías que transportan solución agua-concentrado, que van desde el pie de la tubería principal hacia

la parte superior de las paredes del tanque y se ubican alrededor de la periferia de este, a la que denominaremos D_{AC} .

2. La solución agua concentrada se reparte desde la tubería D_{AC} hacia las cámaras a través de ramales de tubería de menor diámetro a la que denominaremos D_{ACC} .

3. Una vez formada la espuma esta se transporta por medio de tuberías y llega a las cámaras de distribución, estas tuberías las denominaremos D_E .

Para el cálculo de D_{AC} y D_{ACC} utilizaremos el mismo criterio utilizado para el cálculo de las tuberías secundarias de enfriamiento, mientras que para D_E nos basaremos en las tabla 25 descritas en la norma de Petroindustrial, de esta manera tenemos el número de cámaras y los caudales a través de estas tuberías serian:

TABLA 24

VELOCIDAD DE LA ESPUMA vs. FLUJO DE ESPUMA

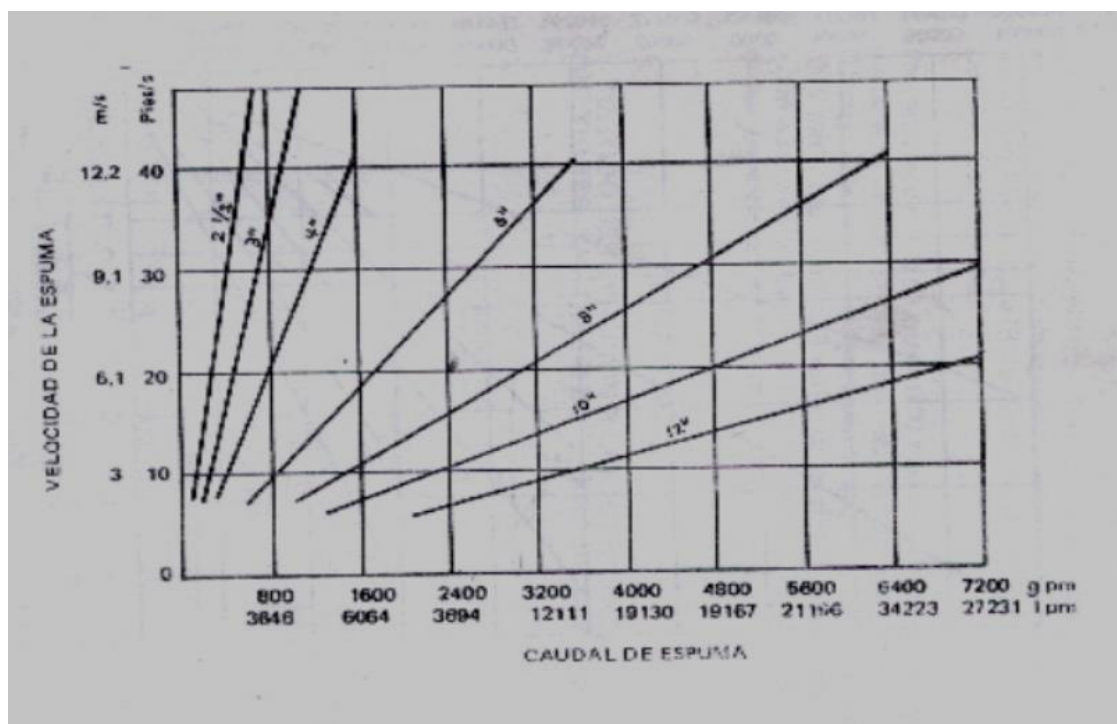


TABLA 25

FLUJO AGUA-CONCENTRADO Y ESPUMA PARA TANQUES DE TECHO FLOTANTE.

	Numero de Camaras	Q _{AC} (gpm)	Q _T (gpm)	Q _{ACC} (gpm)	Q _E (gpm)
G1	14	955	1095	78.21	312.84
G2	10	842.4	1095	109.5	438
G3	-	-	-	-	-
G4	-	-	-	-	-

Y los diámetros seleccionados son:

TABLA 26

**SELECCIÓN DE TUBERÍAS AGUA-CONCENTRADO Y
ESPUMA PARA TANQUES DE TECHO FLOTANTE.**

	D _{AC} (pulg.)	D _{ACC} (pulg.)	D _E (pulg.)
G1	4	2	4
G2	4	2	4
G3	-	-	-
G4	-	-	-

4.4.3. Cálculo y Dimensionamiento de Sistema de Bombeo.

En los aspectos referentes a la selección, instalación y operación de la bomba se aplicara lo establecido en el código NFPA 20, salvo que exista otro criterio del Departamento de Proyectos de la Refinería.

Así en esta parte se diseñara el sistema de bombeo principal y la bomba jockey.

Diseño del Sistema de Bombeo Principal.

En sistema de bombeo se utilizan bombas centrífugas horizontales o verticales. Para nuestro sistema se escogió bombas verticales, debido a que se tiene una altura de succión negativa.

Las características que deben cumplir las bombas verticales es que deben ser capaces de suministrar un 150 % de su capacidad nominal a un 65% de su presión nominal y a cero flujo la presión no deberá exceder el 140% de la presión nominal.

Conociendo que el caudal de diseño es de 2500 gpm se escogerá dos bombas a esa capacidad, una de accionamiento eléctrico y otra mecánica mediante un motor de combustión interna, de tal forma que si llegara a ocurrir un incendio entraría primeramente en funcionamiento la eléctrica para luego poner en funcionamiento la mecánica o si por algún motivo no existiese energía eléctrica, se utilizaría la mecánica.

Para dicha selección nos referiremos al fabricante ITT que cuenta con un manual dedicado exclusivamente a bombas contra incendio, a continuación utilizaremos sus términos para dicha selección.

Para bombas verticales el cabezal de descarga es igual al cabezal tazón menos las perdidas de elevación y las perdidas internas de la bomba, entonces tenemos.

$$H_D = H_B + H_L - H_P$$

Donde:

H_D = Cabezal de Descarga.

H_B = Cabezal Tazón.

H_L = Perdidas de elevación dadas por la diferencia entre el nivel del agua y el manómetro de presión.

H_P = Perdidas internas de la bomba.

El fabricante utiliza como referencia de cálculo, el cabezal tazón para lo cual tenemos:

$$H_B = H_D + H_L + H_P$$

De lo calculado anteriormente la diferencia de presión es igual

$$P_1 - P_2 = 45.40 \text{ psi.}$$

Sabiendo que P_2 es la presión de trabajo y esta es igual a 100 psi.

$$P_1 = P_2 + 45.40 \text{ psi.}$$

$$P_1 = 100 + 45.40 \text{ psi.}$$

$$P_1 = 146.28 \text{ psi.}$$

Que seria el cabezal de descarga de la bomba, pero de acuerdo a la norma esta debe ser de 150 psi.

$$H_D = 150$$

$$H_L = 0.90$$

$$H_P = 4.1$$

$$H_B = 150 + 0.9 + 4.1$$

$H_B = 155$ psi.

Con los datos anteriores y de acuerdo a la tabla 27, el fabricante nos recomienda el modelo M16 X 10F de 4 etapas.

TABLA 27

CARTA DE SELECCIÓN DE BOMBA 2500 GPM

Engine Driven Vertical Turbine Fire Pumps



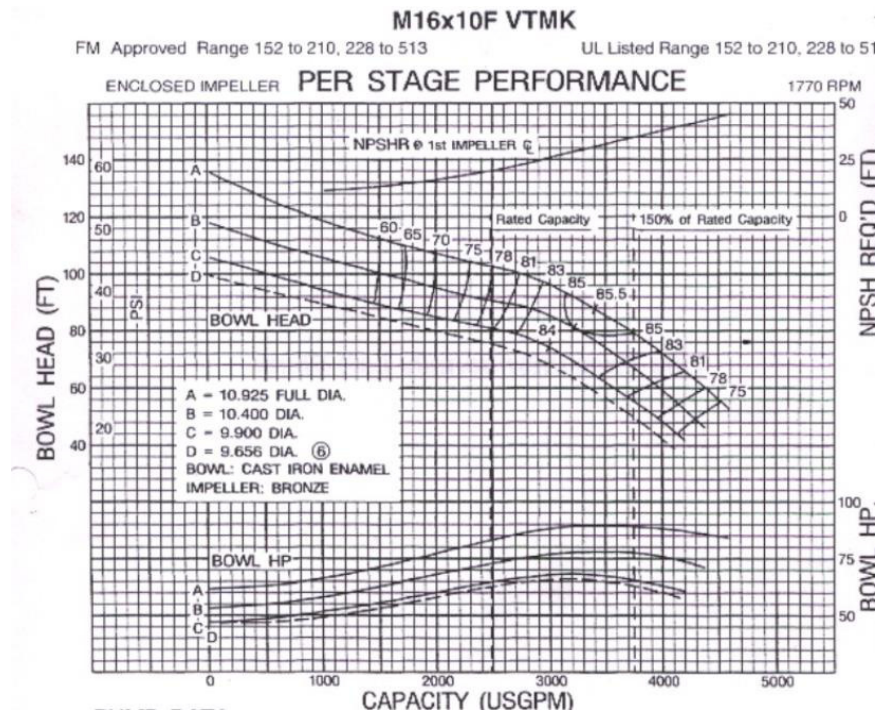
5 issue

2500 GPM Vertical Turbine Selections
UL Listed/FM Approved
1770 RPM

Bowl Press (PSI)*	Max. BHP	Pump Size	RAG Model	Approx. Weight	Notes
140	282	M16x10F VTMK 4 STAGE	G300	3,118	(2)
145	293	M16x10F VTMK 4 STAGE	G300	3,118	(2)
150	304	M16x10F VTMK 4 STAGE	G350	3,168	(2)
155	315	M16x10F VTMK 4 STAGE	G350	3,168	(2)
160	328	M16x10F VTMK 4 STAGE	G350	3,168	(2)
165	337	M16x10F VTMK 4 STAGE	G350	3,168	(2), (5)
170	348	M16x10F VTMK 4 STAGE	G350	3,168	(2), (5)
175	357	M16x10F VTMK 4 STAGE	G400	3,168	(2), (5)
180	368	M16x10F VTMK 4 STAGE	G400	3,168	(2), (5)
185	371	M16x10F VTMK 5 STAGE	G400	3,388	(2), (5)

TABLA 28

CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA PRINCIPAL



Ahora debemos referirnos a los diagramas cabezal tazón – capacidad de la tabla 28, para escoger el diámetro del impeler para que cumpla con las características antes mencionadas donde:

$Q_{150} / P_{65} = 150 \%$ de su capacidad nominal a un 65% de su presión nominal.

$P / Q_0 =$ Presión a cero flujo.

η = eficiencia de la bomba

Bowl HP = potencia requerida por la bomba

BHP = Potencia requerido por el sistema de accionamiento

TABLA 29

SELECCIÓN DE LA BOMBA PRINCIPAL

	Q ₁₅₀ / P ₆₅ (gpm)	P / Q ₀ (psi)	η (%)	Bowl HP (Hp)	BHP (Hp)
A	4600	136	78		
B	4100	118	79		
C	3750	108	81	260	320.98
D	3500	100	82		

Por lo que el diámetro escogido es el C cuya medida es 9.90 pulgadas.

A continuación se presentan las características técnicas de la bomba de accionamiento eléctrico:

Marca: ITT

Modelo: M16X10F VTMK

Capacidad: 2500 gpm

Head Bowl: 155 psi

Succión: 10"

Descarga: 10"

Diámetro impeller : 9.90 pulg.

Potencia nominal: 325 Hp

Potencia al freno: 264 Hp

Eficiencia: 81 %

Velocidad del eje: 1770 rpm

Rango de trabajo: 135- 195 psi

Calculo de la Bomba de Presurización (Jockey).

La bomba de presurización que escogeremos servirá para mantener presurizada la línea, es decir esta no actuara en caso de incendio, sino cuando por alguna razón, las tuberías sufran alguna caída de presión del orden del 10 %, esta se encienda para volver a presurizar la línea, siendo accionada por motor eléctrico a una presión similar a la de funcionamiento para evitar que en el momento de accionamiento de la bomba principal ocurra el denominado golpe de ariete.

De acuerdo al manual de la ITT se recomienda la serie T41.

Caudal: 10 gpm.

Motor: Eléctrico

Cabezal: 350 pies

Velocidad: 3450 rpm.

Potencia: 3 Hp

El plano 4 muestra el diseño mecánico del sistema con su respectivo sistema de bombeo.

5.4. Controles Automáticos Del Sistema Contra Incendio.

Encendido de la Bomba Principal

Para encendido de la bomba principal se tiene la opciones de manual y automático, en base a esto se tomo la decisión de encendido manual, previo aviso de una señal emitida por la bomba jockey, debido a la serie de trabajos que se realizan en la planta, tales como mantenimiento de planta, practica de bomberos, etc., que involucran la abertura de válvulas, y en caso de ser el sistema automático, causaría repetidas encendidas de la bomba principal.

Encendido de la Bomba Jockey

En la parte de controles del sistema, la bomba jockey juega el papel mas importante, ya que de existir una baja de presión del orden del 10%, esta se encenderá para volver presurizar el sistema.

Una vez encendida la bomba y si no se presuriza el sistema, esta enviara una señal al cuarto de control para que manualmente se encienda la bomba principal.

Plan de acción durante el Incendio

Como parte final de este capitulo se presenta el plan de acción durante un incendio.

Detección del incendio

Como ya se menciona anteriormente, la detección en caso de un incendio podrá ser realizada por personal de la empresa.

Activación de los sistemas de alarmas

Una vez detectado el incendio, se procederá a activar la alarma consistente en un pito de vapor ubicada en la sección de generación de vapor y que es audible en toda la empresa.

Activación de los Sistemas de Enfriamiento del tanque incendiado

Es la abertura de las válvulas que conducen agua de enfriamiento para el tanque incendiado, al realizar esto disminuye la presión y se activa la bomba principal.

Activación de los sistemas de enfriamiento para los tanques adyacentes

Es la abertura de las válvulas que conducen agua para enfriar las paredes de los tanques cercanos al incendiado, tomando en consideración la dirección del viento, considerando también que si algún tanque incendiado es de diámetro pequeño y se encuentra alejado de los demás debe realizarse la abertura de otros para evitar la sobre presión. A continuación se muestra este criterio para los tanques dividiendo en sectores la dos unidades, así para “La Libertad” tenemos la nomenclatura SL y para “Crucita” SC.

TABLA 31
PLAN DE ACCION PARA SL1

SL1		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
4	9/6	28 - 54
6	43 – 4	43 - 4
9	6-10	54 - 4
10	32	32 - 10
28	4	50 - 51 - 53
32	10	9-33
33	54	
54	10-33	

TABLA 32
PLAN DE ACCION PARA SL2

SL2		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
10	32	9
12	-	20 - 26
20	12	43 - 26
26	10	20
32	10	33

TABLA 33
PLAN DE ACCION PARA SL3

SL3		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
5	44 – 27	1
21	28	5-44
27	44	5
28	21	5 - 27 - 44
44	5	14 -16

TABLA 34
PLAN DE ACCION PARA SL4

SL4		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
1	3	5
3	1-13	52
8	52 – 23	-
13	-	3 - 34 - 30
23	8-34	52
30	-	2-1-13
34	23 - 22 – 13	52
52	8-34	3

TABLA 35
PLAN DE ACCION PARA SL5

SL5		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
2	37 – 38	12-30
7	22 – 23 - 34	
18	24	22
22	24 – 34	2 - 13 - 18 -
24	22 – 18	2-12
31	37 – 46	2-12
37	38 – 31 - 2	12
38	2-37	12
46	31 - 24 -18	12

TABLA 36**PLAN DE ACCION PARA SL6**

SL6		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
11	14	4- 5- 16 - 25
14	11-16	5-17
16	14 – 17 - 19	5- -44
17	19- 50 - 51	4-5
19	17 – 50- 51	4-5
25	11 – 14 - 16	4-5
50	17 - 19	4- 5- 51 - 53
51	17 – 19 – 50 - 53	4-5
53	17 – 19 – 50 - 51	4-5

TABLA 37**PLAN DE ACCION PARA SC1**

SC1		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
55	39 - 40	

TABLA 38
PLAN DE ACCION PARA SC2

SC2		
Tanque Incendiado	Para enfriamiento	Para evitar sobre presurización
39	40 – 41 - 42	
40	39 – 41 - 42	
41	40 - 42	
42	41 - CEPE 1	
CEPE 1	42 - 41	

Activación de los Sistemas de Extinción con Espuma al Tanque Incendiado

Es una operación casi paralela a la apertura de las válvulas para enfriamiento en donde la motobomba se conecta a la red de extinción con espuma.

CAPITULO 5

5. COSTOS DEL SISTEMA

En este capitulo se presenta una de las partes mas importantes de el estudio, que es el presupuesto de construcción del proyecto conjuntamente con el cronograma de trabajo. Esta obra abarca parte mecánica, civil y eléctrica, pero se presentara solamente en detalle la parte mecánica de los trabajos que hay que realizar.

A continuación se presenta, de acuerdo a lo calculado en el capitulo 4 los trabajos a realizarse

Construcción del reservorio

La capacidad del reservorio será de 4000 m^3 y estará ubicado en los terrenos de Crucita, al lado del tanque 51.

El reservorio tendrá un espejo de 3199 m^2 y una profundidad de 1.5 metros con gradiente o pequeña inclinación hacia el lugar o punto donde se ubicara la caseta de bombeo.

Alrededor del reservorio se construirá un muro de forma trapezoidal, siguiendo el mismo ángulo del terraplén el cual tendrá una base inferior de 1.1 mts. y una base superior de 0.5 mts., el cual se lo ira armando y compactando con capas de 0.20 mts.

Para impermeabilizar este reservorio se utilizara una geomenbrana de un milímetro de espesor, homogénea negra, a base polietileno de alta densidad con un mínimo de 97% de polímero y 2% de negro carbono.

Se realizara una excavación tipo zanja de 0.4x0.4 mts. Alrededor del reservorio, retirada 1.1 mts. del filo el talud, con la finalidad de anclar la geomenbrana, una vez que se coloque esta, volverá ser rellenada y apisonada esta zanja.

Considerando el alto riesgo que representa un reservorio abierto para las personas que transitan por el lugar, se construirá una baranda de protección con tubos de acero reforzado de 2" de diámetro, construyendo plintos y riostra alrededor de todo el reservorio en forma de tubos postes con tubos horizontales formando dos anillos los cuales estarán a 0.5 mts. y .01 mts. del piso respectivamente

Tramo de red principal de tubería de 10"

Esta se instalara saliendo de la descarga de la bomba de eje vertical y llegando a empatarese con la tubería de 10" ubicada en el pipetrack, a cual alimenta a la red de tanques de Crucita, y de ahí se montara otro tramo hacia la unidad La Libertad.

El tramo de tubería que sale de la bomba se enterrara en un punto para salir a cierto nivel del muro del pipetrack, con la finalidad de no obstruir la vía de acceso.

La mayoría del tramo de la tubería de 10" a instalar en dirección de la unidad "La Libertad" ira por el canal del pipetrack y solamente se enterrara en el tramo que atraviesa la vía Cautivo-Ballenita.

La parte enterrada será revestida con protección anticorrosiva, revestimiento con cinta, la tubería sobre el terreno tendrá la respectiva protección con pintura.

Instalación de equipos

Se instalara la bomba vertical con capacidad para 2500 gpm y 155 psi, para lo cual se fijara a la base de hormigón armado y anclado con cuatro pernos en los vértices de 1" sobre el punto centro de la base de hormigón se tendrá un orificio circular de 14" de diámetro, por el cual se conectara el equipo impulsor de la bomba compuesto por cuatro tazones. Junto a esta bomba principal estará la bomba jockey la cual se conectara al sistema de descarga.

Se instalara 2 aireadores de 2 paletas con motor eléctrico trifásico de 2 Hp los cuales son suficiente para abastecer la cantidad de oxigeno para evitar el deterioro de la calidad del agua, estos solo se encenderán en la noche.

Sistema de Tubería Secundaria

Se realizara este trabajo en un sector de tanques de La Libertad, con el objetivo de tener el sistema en anillo cerrado, para lo cual se utilizara tubería de 4", igual a la existente con espaciamiento entre soportes de 6.40 mts.

Sistema de Agua Pulverizada

Se instalara el sistema de agua pulverizada a los tanques de Crucita cuya tubería será con dos ramales de 3" hacia la parte superior de los tanques de acuerdo a las normas. Los soportes del tramo horizontal serán de tubería de 1" y de acuerdo al nivel del piso del muro de contención que generalmente es 1.60 mts. con espaciamiento entre soportes de 5.50 mts. Los soportes de la parte vertical y del anillo serán platinas de $1\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{2}$ soldadas al las paredes de los tanques y aseguradas a esta mediante pernos de $\frac{5}{8}$ x $2\frac{1}{4}$ con un espaciamiento de 2.4 mts. en la parte vertical y 5 mts. en la parte de los anillos

5.1. Material y Equipo Utilizado.

A continuación se presenta la lista del material y equipo utilizada para la parte mecánica de la obra es decir bombas, tuberías, soportes conjuntamente con el cronograma de trabajo.

TABLA 39

MATERIALES DE TUBERÍA RED PRINCIPAL

MATERIALES DE TUBERÍA PARA TRAMO RED PRINCIPAL					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Peso Unit.(Kg.)	Peso Total(Kg.)
1	Tubería ASTM A-53 10" SCH40	m	793	60.35	47857.55
2	Válvula de compuerta 10" ANSI 150	U	3	147.31	441.93
3	Válvula de alivio de 6" ANSI 150	U	1	122.72	122.72
4	Válvula de retención de 10" ANSI 150	U	1	143.80	143.80
5	Tee de descarga de 10x10x6	U	1	136.36	136.36
6	Tee de 10x10x10	U	1	26.45	26.45
TOTAL					48728.26

TABLA 40

MATERIALES RED SECUNDARIA

MATERIALES PARA CIERRE RED SECUNDARIA					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Peso Unit.(Kg.)	Peso Total(Kg.)
1	Tubería ASTM A-53 6" SCH40	m	292	16.07	4692.44
TOTAL					4692.44

TABLA 41

MATERIALES SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA

MATERIALES PARA SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Peso Unit.(Kg.)	Peso Total(Kg.)
1	Tubería ASTM A-53 3" SCH40	m	1916	11.30	21650.8
2	Válvula de compuerta 10" ANSI 150	U	3	147.31	441.93
TOTAL					22092.73

TABLA 42

MATERIALES SOPORTERIA SIST. DE AGUA PULVERIZADA

MATERIALES DE SOPORTERIA PARA SISTEMA AGUA PULVERIZADA					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Peso Unit.(Kg.)	Peso Total(Kg.)
1	Tubería ASTM A-120 1" SCH40	m	152	2.50	380
2	Platinas 1 1/2 x1/2	U	76.5	1.4	107.1
3	Pernos 5/8 x 2 1/4	U	170	0.98	166.6
TOTAL					653.7

Cronograma de Trabajo

Para el cronograma de trabajo mecánico utilizare el sistema horas hombre (HH) que se basa en el tiempo utilizado en realizar el montaje mecánico en función del peso del material.

A continuación presentamos una tabla utilizado en otros estudios, acerca de los estándares de montaje horas hombre y también basado en cronogramas de trabajo realizados en la refinería.

TABLA 43
ESTANDARES HH/Ton DE FABRICACION Y MONTAJE

TUBERIA	FABRICACION Y MONTAJE
Soldada y roscada	HH/ Ton.
Área de proceso	220 - 230
Áreas exteriores	100 - 120
Tubería enterrada	115 - 130
Soldada y roscada con grúa	45
Soportería	HH/ Ton.
Fabricación	300
Montaje	300
Montaje con grúa	100
Montaje de equipos	HH/ Ton.
Equipos Estáticos	25 – 30
EQUIPOS DINÁMICOS	
< 0.5 Ton.	150
0.5 - 1	125
1 – 5 Ton,	80
>5 Ton.	75
PINTURA	HH/ton.
Exteriores	4.4

Tramo de red principal de tubería de 10"

Nos basaremos en un estándar de montaje de 45 HH/Ton. ya que en esta parte se utilizara grúa.

Sistema de agua pulverizada

El estándar de montaje para la fabricación de soportes utilizado es 300 HH/Ton. y su instalación 100 HH/Ton., en cuanto al montaje de tubería su tasa será de 45 HH/Ton.

Sistema de Tubería Secundaria

En fabricación de soportes, usaremos 300 HH/Ton. y su instalación será de 300 HH/Ton., en cuanto al montaje de tubería utilizaremos 45 HH/Ton.

Equipos

Consideraremos al equipo como dinámico, por lo cual su tasa será de 80 HH/Ton.

Pintura

El estándar de montaje será de 4.4 HH/Ton.

En lo que tiene que ver con el horario de trabajo, generalmente en refinería "La Libertad" se cumplen jornadas de 10 horas por día y como este trabajo esta encaminado a dar un costo referencial de la obra, determinare el numero total de días para realizarlo.

A continuación muestro los equipos de trabajo que habría que utilizar para la parte de la obra mecánica.

TABLA 44
EQUIPOS DE TRABAJO PARA LA OBRA

FABRICACIÓN DE SOPORTERÍA E1	PINTORES E2	MONTAJE DE SOPORTERÍA E3	MONTAJE DE BOMBAS E4	CONEXIONES ELÉCTRICAS DE BOMBAS E5	MONTAJE DE TUBERÍAS CON GRÚA. E6
2 soldadores 1 tubero 2 ayudantes	4 pintores	2 tuberos 2 ayudantes	1 mecánico 2 ayudantes	1 electricista 1 ayudante	2 soldadores 2 tuberos 2 pintores 4 ayudantes 1 operador de maq.
5	4	4	3	2	11

Basándonos en todo lo expuesto exteriormente, establecimos el cronograma de ejecución de la obra que se encuentra en el Apéndice A.

5.2. Análisis de Costo de Material y Equipo utilizado

Se realizara el análisis a la parte de la obra mecánica en base al material y equipo utilizado, utilizando los criterios de costos directos e indirectos de la obra.

Costo directo

Comprende lo que es costo de equipos, materiales, mano de obra, transporte y uso de equipos.

TABLA 45**COSTO DE LOS EQUIPOS**

Item	Equipo	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo unitario(\$)
1	Bomba Vertical ITT 2500 gpm 1750 rpm	1	76594.00	76594.00
2	Bomba jockey ITT 10 gpm 1750 rpm	1	1870.18	1870.18
3	Aereadores Flotantes	2	993.28	1986.56
Costo total (\$)				80450.74

TABLA 46**COSTO DE MATERIALES (TUBERÍA)**

Item	Materiales	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo unitario(\$)
1	Tubería 10" A – 53 (12 mts)	67	1013.88	67929.96
2	Tubería 6" A – 53 (6 mts)	49	134.98	6614.41
3	Tubería 3" A – 53 (6 mts)	320	86.52	27686.40
Costo total(\$)				102239.77

TABLA 47**COSTO DE MATERIALES (SOPORTERIA)**

Item	Materiales	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo unitario(\$)
1	Tubería 1" A – 120 (6 mts)	40	18.00	720.00
2	Platinas 1 1/2x1/2	13	6.72	87.36
3	Pernos 5/8x2 ¼	170	0.16	27.20
Costo total(\$)				834.56

TABLA 48**COSTO DE MATERIALES (VÁLVULAS Y ACCESORIOS)**

Item	Materiales	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo unitario(\$)
1	Válvula de compuerta 10" ANSI 150	3	753.20	2259.30
2	Válvula de retención 6" ANSI 150	1	237.80	237.80
3	Válvula de alivio 10" ANSI 150	1	400.27	400.27
4	Válvula de compuerta 3" ANSI 150	5	290.17	1450.85
5	Válvula de compuerta 2" ANSI 150	1	53.26	53.26
6	Válvula de retención 2" ANSI 150	1	27.12	27.12
7	Válvula de alivio 2" ANSI 150	1	32.27	32.27
8	Tee de Descarga 10x10x6	1	190.90	190.90
9	Tee de 10x10x10	2	53.24	106.48
Costo total(\$)				4758.25

TABLA 49

COSTO DE LA MANO DE OBRA POR CATEGORÍA

CATEGORÍA	Sueldo unificado	Décimo Tercero	Décimo cuarto	Comp. Salarial	Aporte patronal	Fondo Reserva	Sub-Total mensual	Almuerzo mensual	TOTAL mensual	Jornal real	Costo HH
Tubero (Montaje)	144,99	144,99	121,91	192,00	234,72	144,99	214,87	36,00	250,87	13,0	1,62
Mecánico / montador	144,99	144,99	121,91	192,00	234,72	144,99	214,87	36,00	250,87	13,0	1,62
Montador / estructuras	144,99	144,99	121,91	192,00	234,72	144,99	214,87	36,00	250,87	13,0	1,62
Montador / tubería	144,99	144,99	121,91	192,00	234,72	144,99	214,87	36,00	250,87	13,0	1,62
Soldador eléctrico	144,99	144,99	121,91	192,00	234,72	144,99	214,87	36,00	250,87	13,0	1,62
Electricista	130,25	130,25	121,91	192,00	213,23	130,25	195,89	36,00	231,89	12,0	1,50
Supervisor (electromecánico)	144,99	144,99	121,91	192,00	234,72	144,99	214,87	36,00	250,87	13,0	1,62
Ayudante (Estructuras)	128,77	128,77	121,91	192,00	211,07	128,77	193,98	36,00	229,98	11,9	1,49
Ayudante (eléctrico)	128,77	128,77	121,91	192,00	211,07	128,77	193,98	36,00	229,98	11,9	1,49
Ayudante (soldador)	130,30	130,30	121,91	192,00	213,31	130,30	195,95	36,00	231,95	12,0	1,50
Ayudante (Montaje)	130,30	130,30	121,91	192,00	213,31	130,30	195,95	36,00	231,95	12,0	1,50
Albañil	130,25	130,25	121,91	192,00	213,23	130,25	195,89	36,00	231,89	12,0	1,50
Pintor	130,25	130,25	121,91	192,00	213,23	130,25	195,89	36,00	231,89	12,0	1,50

Costo total por mano de obra

Basándonos en el cronograma de instalación, determinaremos el número de horas hombre de acuerdo al personal y equipo de trabajo, para de esta manera determinar el costo total por mano de obra.

TABLA 50

COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA

Categoría	Horas – hombre	Cantidad de personal	Costo HH del grupo	Costo total (\$)
E0	440	1	1.80	792.00
E1	310	5	7.86	2436.60
E2	100	4	6.00	600.00
E3	40	4	6.24	249.60
E4	20	3	4.62	415.80
E5	20	2	3.00	60.00
E6	440	11	17.10	7524.00
Costo total mano de obra (\$)				12078.00

TABLA 51

RUBRO POR TRANSPORTE

Transporte	Numero de viajes	Costo	Costo total
Tuberías	5	170	850
Equipos	1	170	170
Soportes	4	15	60
Costo total por viajes (\$)			1080

TABLA 52

COSTO POR ALQUILER DE EQUIPOS

Categoría	Cantidad	Costo unitario	Uso	Costo total
Soldadora Eléctrica	2	1.70 USD/h	10h/día (44)	748.00
Andamios	12 tramos	6.00 USD/mes	1 mes	72.00
Grúa 10 Ton.	1	35.00 USD/ h	8h/día (6)	1680.00
Tecles	4	40.00 USD / mes	2 meses	320.00
Costo total por uso de equipos (\$)				2820.00

De esta manera los costos directos de la obra mecánica son:

TABLA 53

COSTOS DIRECTOS DE LA OBRA MECÁNICA

Equipos	80450.74
Materiales	107832.58
Mano de obra	12078.00
Transporte	1080.00
Uso de equipos	2820.00
TOTAL (\$)	204261.32

5.3. Análisis de costo total del proyecto.

Tomando en consideración las demás obras para la construcción del sistema tenemos:

TABLA 54
COSTOS DIRECTOS DEL PROYECTO

Obras civiles	72294.00
Obras mecánicas	204261.32
Obras eléctricas	29165.40
Total (\$)	305720.62

Costos Indirectos.

Son parámetros tales como la utilidad, pruebas y reparaciones, uso de herramientas, y variación de precios en el mercado que estimados son alrededor de 9% total del costo de las obras a esto, hay que considerar además el IVA.

TABLA 55
COSTOS TOTAL DEL PROYECTO

Costo directo	304720.40
Costo indirecto	27424.83
Costos	332145.23
IVA 12%	39857.42
Costo Total del Proyecto (\$)	372002.65

La determinación del presupuesto referencial se ha realizado asociado a los precios unitarios calculados y las cantidades de obra de cada uno de los rubros considerados en el proyecto, por lo que el precio referencial para llamado a concurso de licitación de la obra SUBSISTEMA CONTRA INCENDIOS “ LA LIBERTAD – CRUCITA” es 372002.65 dolares americanos.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente tesis muestra las implantaciones necesarias, desde el punto de vista practico, con la finalidad de que esta refinería cuente con un sistema independiente contra incendios, teniendo en cuenta que la protección contra el fuego tiene como objetivo asegurar la vida de las personas, las instalaciones y el medio ambiente a un costo razonable y que dicha protección habría de ser considerada como una conjunción de medidas tales como el diseño del proceso , los sistemas de drenaje, el control de medidas contra el fuego, la prevención del inicio y propagación del fuego, así como sus aspectos organizativos, siendo todas estas medidas complementarias, de tal manera que al faltar alguna de ella o no haber sido valorada como le corresponde se perderá la eficacia del sistema , por lo que podemos concluir del sistema existente que:

1. La capacidad total de 4400 m³ de agua, da a ver a simple vista que se cuenta con una capacidad suficiente para combate contra incendio, pero por el hecho de tener estaciones de bombeo y reservorios de agua dispersos por todas las áreas que comprende la refinería, convierte a este sistema en deficiente.
2. Los tanques de almacenamiento de techo flotante de Crucita, no cuentan con el sistema de enfriamiento sobre las paredes, y estos al encontrarse muy cerca, de ocurrir un incendio podría provocar una reacción en cadena de fatales consecuencias, no solo para la planta industrial, sino también para la población que se encuentra colindante a este sector industrial.
3. Al tener como medio de extinción y enfriamiento, el agua salada de mar, provoca problemas de corrosión en las tuberías, equipos y accesorios, a través del a cual esta se desplaza.

En cuanto a las recomendaciones puedo citar lo siguiente

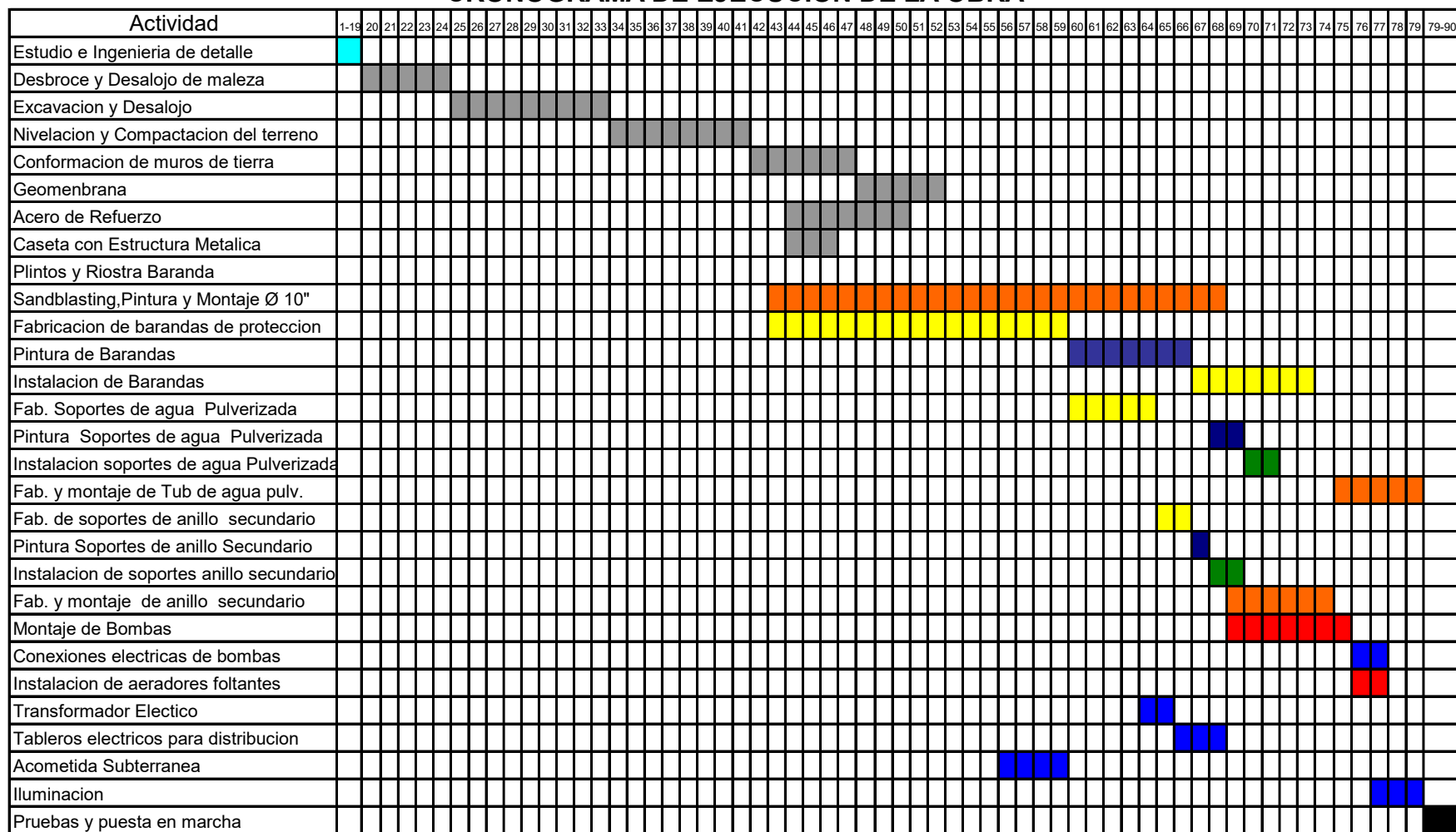
1. Aunque el personal de Seguridad Industrial esta plenamente entrenado para combate contra incendio, deberían capacitarse en cuanto al manejo de el nuevo sistema.
2. Inculcar a la población colindante al sector Crucita, sobre el peligro de estar viviendo cercano a los tanques de mayor capacidad, aunque es difícil la reubicación de los moradores, el Departamento de Seguridad Industrial de Refinería debería dotarles de un plan de acción en caso de incendio.
3. Se debería adquirir la segunda bomba accionada por motor de combustión interna, ya que el presupuesto para el nuevo sistema solo contempla la de accionamiento eléctrico.

APENDICE

Apéndice A Cronograma de Ejecución de la Obra

APENDICE A

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LA OBRA



BIBLIOGRAFIA

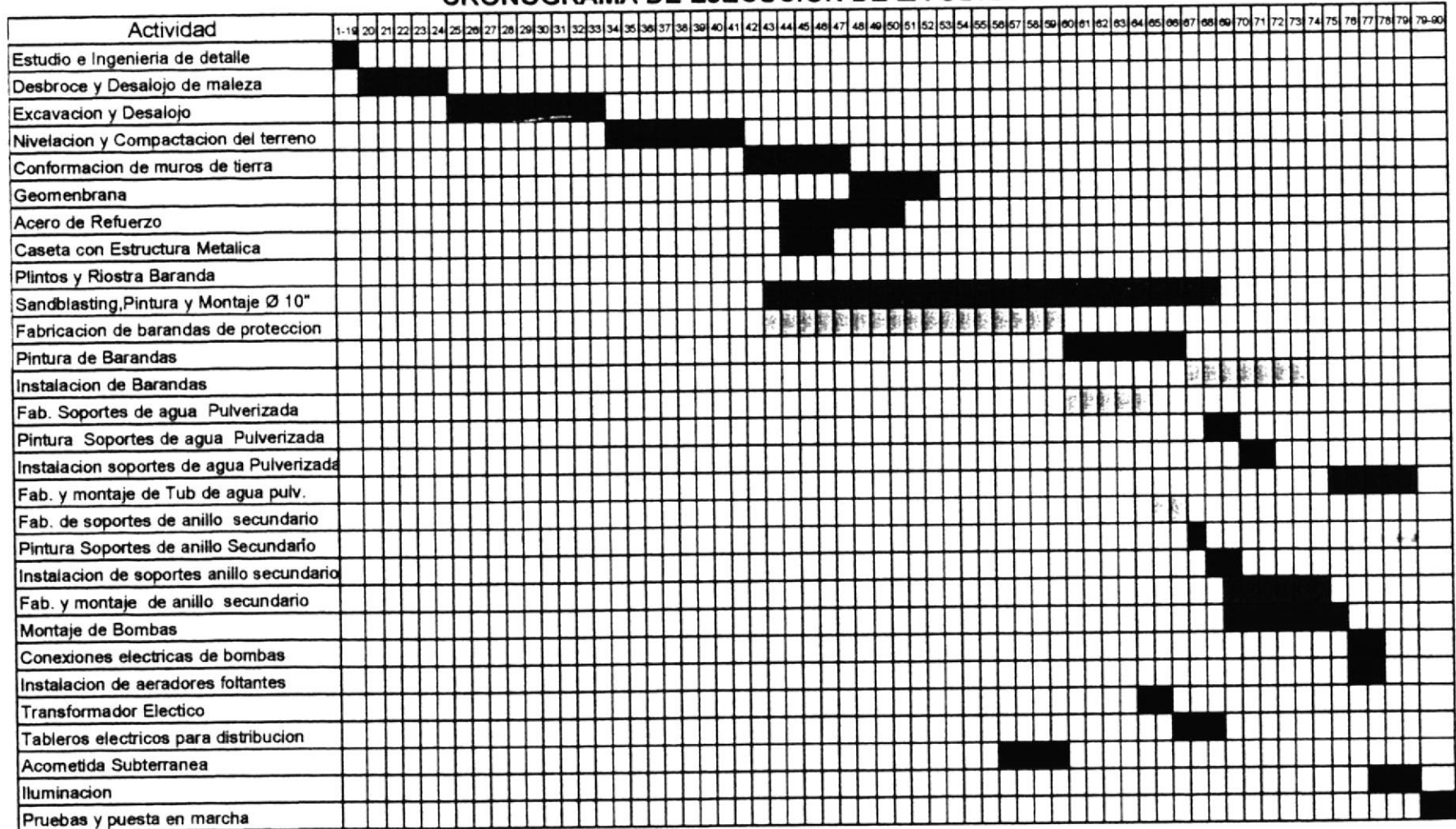
1. CRANE, Flujo de Fluidos en valvulas accesorios y tuberias, editorial McGraw-Hill, México 1989.
2. FOX,R.W - MCDONALD,A, Introduccion a la Mecanica de Fluidos, editorial McGraw-Hill, México 1990.
3. ITT - FIRE PUMPS, Curvas de selección de Bombas contra Incendio.1996.
4. KAROBA GEORGE, "Diseño de Sistema Contra Incendio para Planta elaboradora de Lubricantes", (Tesis, Facultad de Ingenieria en Mecanica y Ciencias de la Produccion, Escuela Superior Politecnica del Litoral,1996)
5. KENNETH MCNAUGHTON, "Bombas Selección, uso y mantenimiento" editorial McGraw-Hill, México 1989.
6. MUNSON BRUCE R., Fundamentos de Mecánica de Fluidos, editorial Limusa, México 1999
7. UNIDAD DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL - PETROINDUS-
PETROINDUSTRIAL, Compendio de Normas de Seguridad e Higiene Industrial.

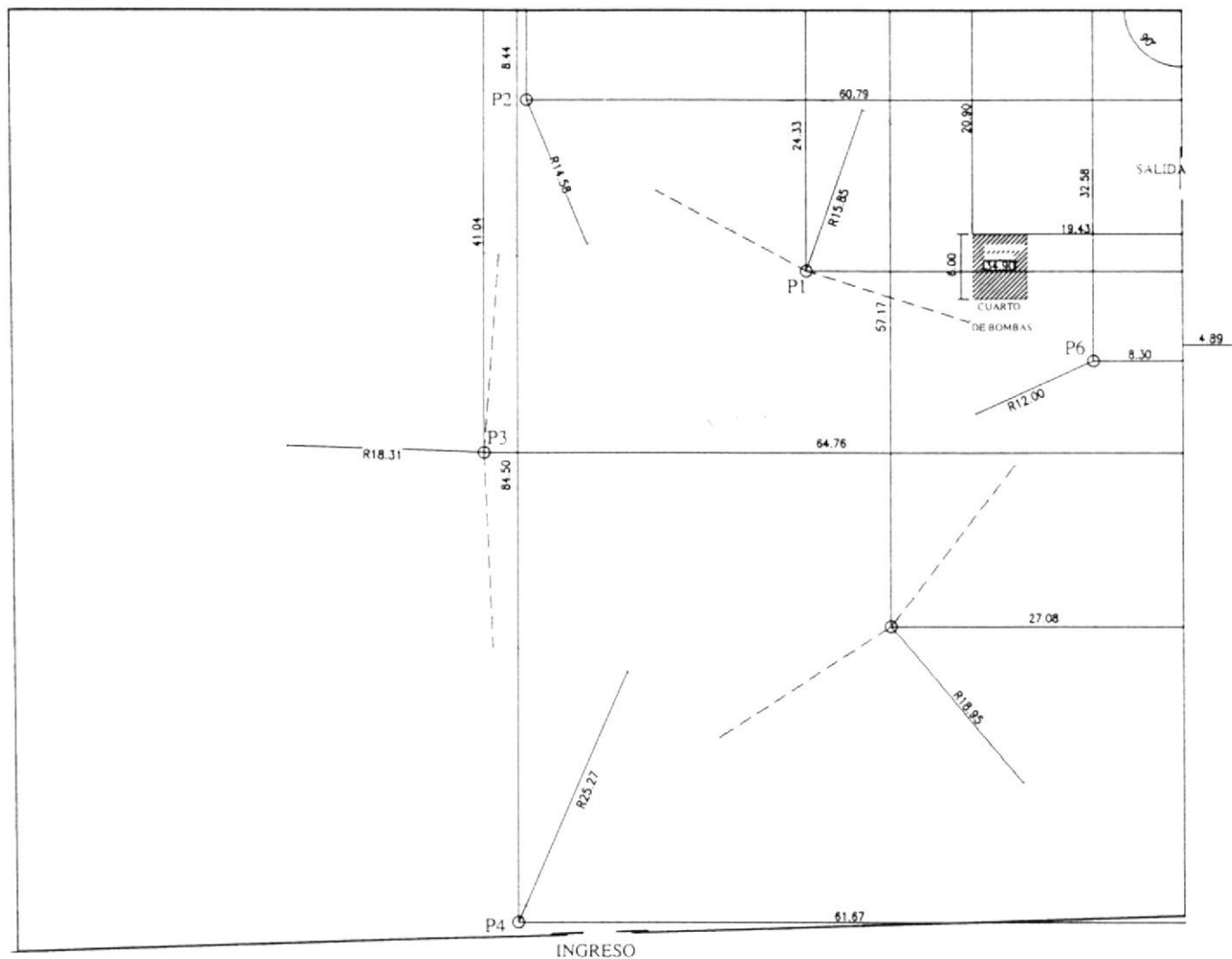
APENDICE

Apéndice A	Cronograma de Ejecución de la Obra
Apéndice B	Plano No 1 Trazado del Reservorio
	Plano No 2 Diseño del Reservorio
	Plano No 3 Secciones del Reservorio
	Plano No 4 Diseño Mecánico

APENDICE A

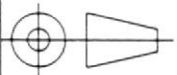
CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LA OBRA

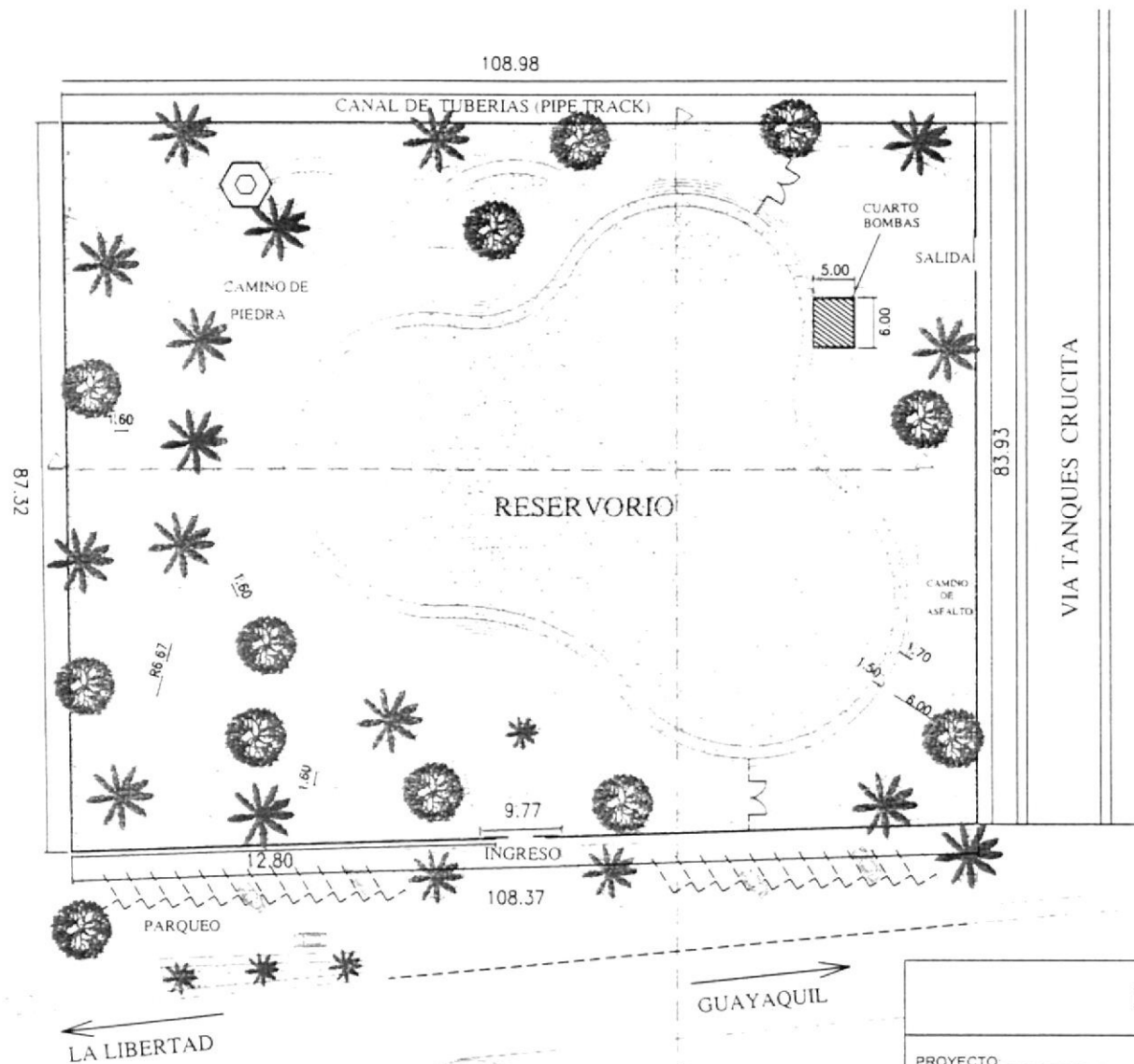


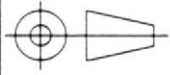


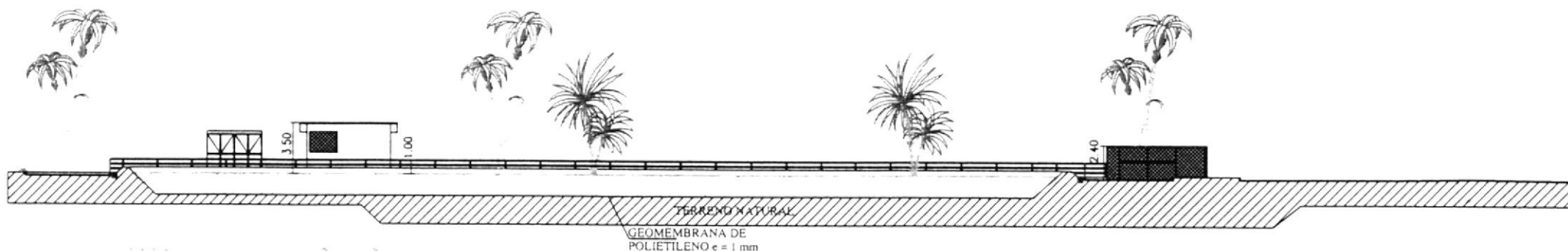
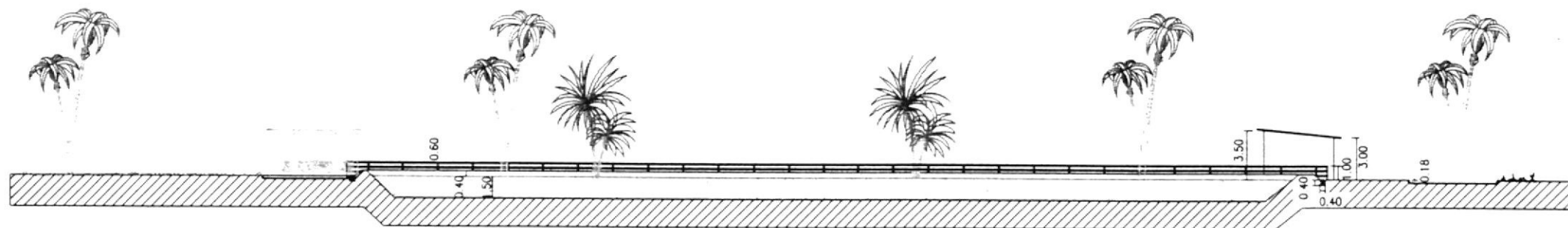
CTI-ESPOL



FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujo		15/08/04	W. Naranjo
Reviso		15/08/04	Ing. Helguero
PROYECTO		PLANO No	
SISTEMA CONTRA INCENDIO RLL		1	
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:600	TRAZADO DEL RESERVORIO	
MATERIALES		MASA (Kg)	

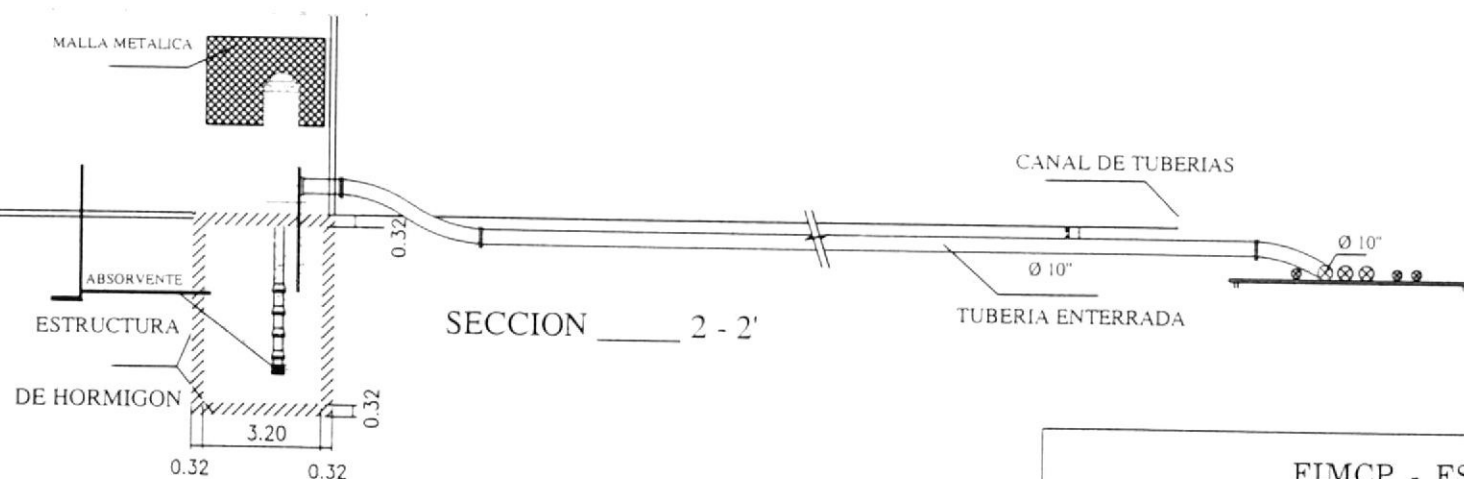
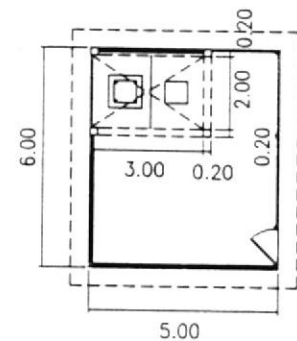
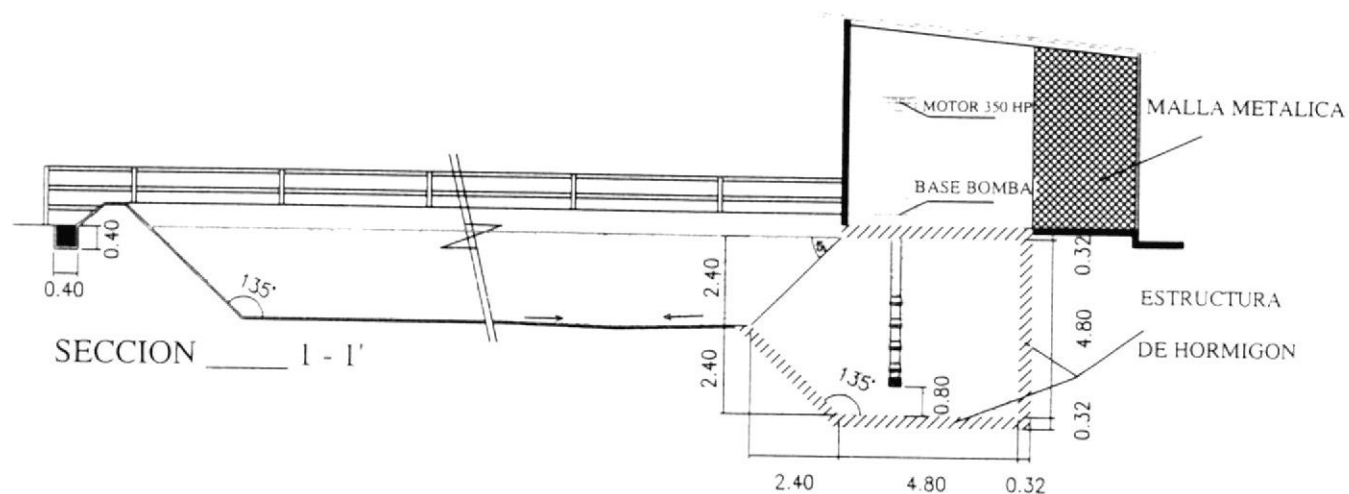


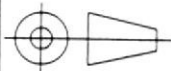
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
		Dibujo 15/08/04	W. Naranjo
Reviso 15/08/04		Ing. Heiguero	
PROYECTO SISTEMA CONTRA INCENDIO RLL		PLANO No	
		2	
ESCALA: 1:800		CONTIENE: DISEÑO DEL RESERVORIO	
MATERIALES:		MASA (Kg)	



CIT-ESPOL

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujo		15/08/04	W. Naranjo
Reviso		15/08/04	Ing. Helguero
PROYECTO: SISTEMA CONTRA INCENDIO RLL		PLANO No	
		3	
ESCALA: 1:400		CONTIENE: SECCIONES DEL RESERVORIO	
MATERIALES:		MASA (Kg)	



FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujo		15/08/04	W. Naranjo
Reviso		15/08/04	Ing. Helguero
PROYECTO: SISTEMA CONTRAINCENDIO RLL		PLANO No	
	ESCALA: 1:200	CONTIENE: DISEÑO MECANICO	
	MATERIALES:		
		MASA (Kg)	