

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Diseño de una nueva red de distribución de combustible en
una planta de cemento

BIBLIOTECA

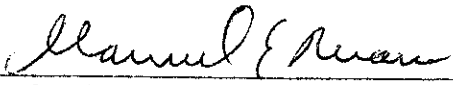
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Trabajo de investigación presentado por Abel Ernesto Rivas
Palacios para optar al grado de Licenciado en Ingeniería
Mecánica


Guatemala
2005

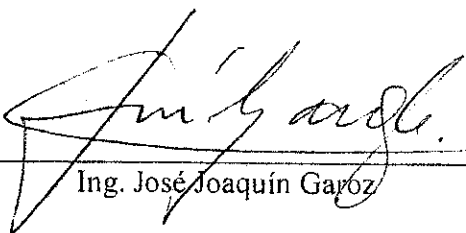
Diseño de una nueva red de distribución de combustible en
una planta de cemento

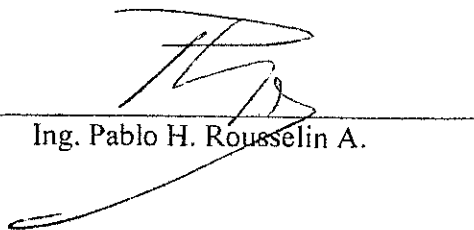
Vo.Bo. :

(f) 
Ing. Manuel E. Ruano P.

Tribunal:

(f) 
Ing. Manuel E. Ruano P.

(f) 
Ing. José Joaquín Garoz

(f) 
Ing. Pablo H. Rousselin A.

Fecha de aprobación: 17 de agosto del 2005

PREFACIO

La siguiente investigación tiene como finalidad brindar los fundamentos teóricos y prácticos sobre sistemas de combustible en plantas de cemento. Esta investigación se centra en la fábrica Cementos Progreso, S.A., San Miguel, Sanarate.

Se inicia con los fundamentos teóricos sobre sistemas de combustible, para poder comprender la función de cada componente y dispositivo. Además se estudia el sistema actual de la planta San Miguel, para luego realizar una propuesta de diseño en dicho sistema. La propuesta de diseño tiene como finalidad mejorar la calidad y seguridad del sistema de combustible en la planta.

Le doy gracias a la empresa Cementos Progreso, S.A., en especial al departamento de Mantenimiento Mecánico por darme la oportunidad de realizar dicho proyecto.

RESUMEN

El proyecto consistió en realizar una propuesta para el diseño de la red de combustible en la planta Cementos Progreso, S.A., San Miguel, ubicada en Sanarate, El Progreso. Después de dar un marco teórico necesario para el entendimiento acerca de sistemas de manejo de combustibles, el estudio presenta el diseño de una nueva red de combustible. Para la realización de dicha propuesta se estudió el sistema actual de la planta. Al recabar toda la información necesaria y actualizada, se elaboró el diseño de una nueva red de combustible.

Finalmente, el nuevo diseño incluyó diversos puntos. Entre ellos, se levantaron planos actualizados de la red de combustible en AUTO-CAD, se realizó un manual general del sistema, se diseñó una línea independiente para el petróleo crudo de retorno de los quemadores auxiliares de los hornos de clinker, se calculó la pérdida de presión de la línea del tanque principal de petróleo crudo hacia el tanque de almacenamiento de la calera, se realizó una propuesta de mantenimiento para el sistema, y se realizó un plan de control para válvulas de combustible de retorno de los hornos de clinker.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	v
RESUMEN	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES	x
Capítulos	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SISTEMAS DE MANEJO DE COMBUSTIBLES	4
4. SISTEMA ACTUAL DE LA RED DE COMBUSTIBLE EN LA PLANTA CEMENTOS PROGRESO, S. A., SAN MIGUEL, SANARATE	43
5. PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE	60
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
7. BIBLIOGRAFÍA	91
8. APÉNDICE	92

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Tipo de tanque respecto al combustible almacenado	8
2.	Dimensiones de tubos de acero	22
3.	Tamaños de tubería designada por NPS y DN	23
4.	Rango de clases de tubería basada en ASME B16.5 y su correspondiente PN	23
5.	Códigos y estándares para las válvulas	24
6.	Clasificación de las válvulas basado en su movimiento	25
7.	Materiales para el cuerpo de las válvulas y el tipo de conexión disponible	26
8.	Válvulas abarcadas por estándares de MSS	27
9.	Válvulas abarcadas por estándares de API	29
10.	Comparación de métodos de heat-tracing	40
11.	Eficiencia de aislantes	42
12.	Filtro de baja presión	47
13.	Filtro de alta presión	47
14.	Condiciones de operación, bombas de aceite quemado	49
15.	Descripción de bombas de tornillo, bunker C	50
16.	Descripción de bombas radiales, bunker C	51
17.	Datos de operación, bomba de crudo, hornos	51
18.	Datos de operación, bomba crudo, calera	52
19.	Datos de operación, intercambiador de calor, aceite quemado	53
20.	Características, intercambiador de calor, Bergfeld & Heider	54
21.	Intercambiador de calor, ASET, bunker C	54
22.	Válvulas del aceite quemado	55
23.	Válvulas del bunker C	55
24.	Válvulas del petróleo crudo	56
25.	Válvulas del combustible general	56
26.	Especificación de la aplicación del código de colores	59
27.	Formato de tag's	60

28. Información que contiene el libro de tag's	62
29. Libro de tag's para el aceite quemado	63
30. Libro de tag's para el bunker C	64
31. Libro de tag's para el petróleo crudo	67
32. Libro de tag's para combustible general	68
33. Accesorios para diseño de tubería de retorno	73
34. Coeficiente de pérdida para componentes de tuberías	75
35. Coeficiente de pérdida para el diseño	76
36. Iteraciones para cálculo del diámetro	77
37. Valores de esfuerzo admisible S para tuberías	77
38. Tipos de aislantes y aplicaciones	79
39. Pérdida de calor en función del espesor del aislante (37.1° C)	80
40. Pérdida de calor en función del espesor del aislante (20.3° C)	80
41. Largo de tubería total, línea a calera	81
42. Accesorios y válvulas totales, línea a calera	81
43. Coeficientes de pérdida para accesorios de 2 pulg.	82
44. Coeficientes de pérdida para accesorios de 2 ½ pulg.	83
45. Encargados de mantenimiento	84
46. Plan de control para válvulas de combustible de retorno	88

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Clasificación de almacenamiento de combustible	8
2. Tecnología avanzada de servomecanismos	9
3. Radar de medición de nivel para altas presiones	10
4. Estructura techo flotante interno	11
5. Techo domo con techo flotante interno	11
6. Techo flotante interno	12
7. Sello primario tipo pantógrafo	12
8. Sello primario tipo espuma	13
9. Sello secundario	13
10. Drenaje de techo	14
11. Clasificación de las bombas dinámicas	15
12. Clasificación de las bombas de desplazamiento positivo	16
13. Gradiente de presión a lo largo de un set de tornillo	17
14. La capacidad de presión de la bomba incrementada por diseño modular	18
15. Arreglo de tornillo múltiple finalización-doble	18
16. Arreglo de tornillo múltiple finalización-simple	19
17. Bomba finalización-doble	19
18. Clasificación de tuberías	21
19. Válvula de compuerta	30
20. Válvula de globo	31
21. Válvula de bola	32
22. Válvula de retención	33
23. Válvula de desahogo	33
24. Tipos de soportes y cargadores, por MSS	34
25. Intercambiador de calor simple a contraflujo	36
26. Intercambiador de calor de carcasa y tubos	37
27. Tipos de desviadores	38

28. Arreglo "enrollado" de heat-tracing para válvulas, flanges, cubiertas, e instrumentos	39
29. Tanque de techo flotante, planta San Miguel	45
30. Indicador de nivel de flotador	46
31. Filtro doble, Boll & Kirch	47
32. Filtro doble, Kraissl Duplex Separator	48
33. Elemento-doble de canasta	48
34. Mantenimiento de filtros	49
35. Bomba de tornillo PCM	50
36. Bomba radial, bunker C	51
37. Bomba de tornillo, crudo	52
38. Intercambiador de carcasa y tubos de dos pasos	53
39. Codificación de combustible	69
40. Diseño de las tag's colocadas en el campo	70
41. Esquema de tubería retorno	71
42. Viscosidades absolutas (dinámicas) para ciertos gases y líquidos	72
43. Viscosidades cinemáticas para ciertos gases y líquidos	72
44. Analogía de la resistencia para un tubo y aislante con contorno convectivo	79
45. Costo real de mantenimiento de equipos en el sistema de distribución de combustible, planta San Miguel. Año 2004	86
46. Costo real de mantenimiento de equipos en el sistema de distribución de combustible, planta San Miguel. Hasta julio, año 2005	86

1. INTRODUCCIÓN

Fue con mucha visión y con la idea clara de fundar una de las primeras fábricas de cemento en Latinoamérica, que un 18 de octubre de 1899, Don Carlos Federico Novella Klee creó la empresa Carlos F. Novella y Cía. Don Carlos se aventuró a invertir en una cementera ejerciendo desde ese momento un liderazgo transformador ya que en ese tiempo el cemento no era el material que en Guatemala se utilizaba para la construcción.

La creciente demanda en el mercado creó la necesidad de incrementar la producción y en 1965 se adquirió la Finca San Miguel Río Abajo en Sanarate, El Progreso.

En 1971 se inició la construcción de la Primera Línea en la Planta San Miguel, que inició sus operaciones en 1974, en estos años la empresa produce 31,000 sacos diarios. Siete años después, en 1978, se construyó la Segunda Línea y se legalizó el nombre de Cementos Progreso, S.A. Con sus dos plantas la capacidad de la empresa es de 45,000 sacos diarios. Luego en 1980 inicia a operaciones la segunda línea de producción en San Miguel, la capacidad de la empresa se incrementa a 61,000 sacos diarios.

En 1990 la empresa aumenta su capacidad a 95,000 sacos diarios, en 1996 principió la construcción de la Tercera Línea en San Miguel, que arrancó en 1998, la capacidad de producción se incrementa a 155,000 sacos diarios, luego en el año 2000 la empresa aumenta su capacidad a 195,000 sacos diarios.

Todas estas expansiones sufridas en la planta San Miguel y otras más, dieron como resultado un descuido en el sistema de distribución de combustible. Actualmente se utilizan tres tipos de combustibles líquidos, el aceite quemado, bunker C y petróleo crudo. Estos combustibles son utilizados en los hornos rotatorios en los quemadores principales y auxiliares para lo que se conoce como clinkerización de la materia prima (transformación granular del material). El petróleo crudo es utilizado por la planta de cal, y el bunker C es utilizado en los motores de generación MAK. Con el fin de establecer el sistema actual de distribución de combustible, y ver qué mejoras se podían proponer a dicho problema, se realizó esta investigación.

Los objetivos planteados para la solución del problema consistieron en estudiar el sistema actual de la planta, esto incluyó el tipo de almacenamiento, sistema de bombeo, líneas de tubería y sus accesorios, intercambiadores de calor. Con base en eso, se realizó una propuesta de diseño que tiene como fin mejorar la calidad de distribución y seguridad en la planta.

El proyecto fue realizado en varias fases. La primera consistió en la recolección de información acerca de los temas de ingeniería necesarios para comprender el manejo de combustibles. Para ello se utilizó búsqueda bibliográfica e Internet.

La segunda consistió en el estudio del sistema de distribución actual de combustible de la planta San Miguel. Ya que para realizar una propuesta, primero era necesario saber cómo estaba estructurada y revisar qué errores se habían cometido en su construcción física y organizacional. Para ello se consultaron los manuales de los equipos y dispositivos. Asimismo, se realizaron consultas con las personas a cargo del mantenimiento y operación del mismo. Al tomar conocimiento de todo el sistema de distribución actual, se prosiguió a la siguiente fase.

La tercera fase fue la realización de la propuesta de diseño de una nueva red de distribución de combustible. Dicha propuesta de diseño incluyó varios aspectos, como son: el levantamiento de planos actualizados de la red de combustible en AUTO-CAD. Se realizó un manual general del sistema, el cual cuenta con una base de datos donde se incluye cada accesorio y dispositivo que se encuentra en el sistema, así como los planos anteriormente mencionados. Se diseñó una línea independiente para el petróleo crudo de retorno de los quemadores auxiliares de los hornos de clinker y se calculó la pérdida de presión de la línea del tanque principal de petróleo crudo hacia el tanque de almacenamiento de la calera. Para estos cálculos se utilizaron los fundamentos de la mecánica de los fluidos. Por último, el diseño incluyó una propuesta de mantenimiento para el sistema, y se realizó un plan de control para válvulas de combustible de retorno de los hornos de clinker.

Para todos los cálculos y aspectos del nuevo diseño de la red de distribución de combustible se utilizaron datos reales de operación, obteniendo resultados verídicos conforme a dichos parámetros.



3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SISTEMAS DE MANEJO DE COMBUSTIBLES

3.1. Propiedades de los combustibles líquidos

3.1.1. Densidad. La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen. La masa es la cantidad de materia contenida en un objeto y comúnmente se la mide en unidades de gramos (g). El volumen es la cantidad de espacio ocupado por la cantidad de la materia y es comúnmente expresado en centímetros cúbicos (cm³) o en milímetros (ml) (un cm³ es igual a 1 ml). Por consiguiente, las unidades comunes usadas para expresar la densidad son gramos por milímetros (g/ml) y gramos por centímetros cúbicos (g/cm³).

3.1.2. Gravedad específica. Es la razón del peso de un volumen dado, que es la densidad del combustible, al peso de un volumen de agua destilada, a la misma temperatura. Este dato es adimensional.

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{densidad del combustible}}{\text{densidad del agua}}$$

3.1.3. Gravedad API. Es una escala arbitraria (escogida por el Instituto Americano de Petróleo), en la cual la gravedad específica del agua pura, es tomada como 10. Líquidos más pesados que el agua tienen valores menores que 10.

La gasolina de motor tiene una gravedad API de 54 a 72, y el diesel grado CB (city bus), de 32 a 48. La gravedad API es adimensional.

Es una función especial de la densidad relativa (gravedad específica) 15.56°C/15.56°C (60°F/60°F), definida ésta como la relación de la masa de un volumen dado de un líquido a 15.56°C (60°F) con la masa de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura. La gravedad API se calcula así:

$$\text{Gravedad API } (^{\circ}\text{API}) = [141.5 / (d_{15.56^{\circ}\text{C}/15.56^{\circ}\text{C}})] - 131.5$$

donde: $d_{15.56^{\circ}\text{C}/15.56^{\circ}\text{C}}$ = gravedad específica a 15.56°C/15.56°C.

3.1.4. Viscosidad. La viscosidad se define como la resistencia de un líquido a fluir. La viscosidad se ve afectada por las condiciones ambientales, especialmente por la temperatura y la presión. Existe la viscosidad absoluta y cinemática.

➤ **Viscosidad absoluta.** Los términos viscosidad absoluta y viscosidad dinámica se usan intercambiamente con la viscosidad para distinguirla de la viscosidad cinemática o comercial. Se define, como ya hemos dicho como la resistencia de un líquido a fluir. Matemáticamente se expresa como la relación entre el esfuerzo aplicado para mover una capa de aceite (tensión de corte) y el grado de desplazamiento conseguido.

El poise es la unidad de viscosidad absoluta del sistema CGS. En honor de Poiseville, quien en 1844 desarrollo la ecuación de viscosidad de los gases. Se define como la fuerza en dinas

necesaria para mover una placa lisa de 1 cm² de superficie separada de otra fija por una capa de líquido de 1 cm de espesor, a una velocidad de 1 cm/seg (dina x seg / cm²). En la práctica suele usarse su submúltiplo, el centipoise. 1 cPo=0.01 Po .

➤ **Viscosidad cinemática.** La viscosidad cinemática se define como la resistencia a fluir de un fluido bajo la acción de la gravedad. En el interior de un fluido, dentro de un recipiente, la presión hidrostática (la presión debida al peso del fluido) esta en función de la densidad. Por otra parte, el tiempo que tarda en fluir un volumen dado de fluido es proporcional a su viscosidad dinámica. Podemos expresar la viscosidad cinemática como:

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{viscosidad absoluta}}{\text{densidad}}$$

todo ello medido a la misma temperatura. La gravedad específica puede aplicarse en la expresión anterior en lugar de la densidad. Por lo dicho anteriormente, la viscosidad cinemática puede definirse como el tiempo requerido por un volumen dado de fluido en fluir a través de un tubo capilar por acción de la gravedad.

La unidad de viscosidad cinemática del sistema CGS es el Stoke (St). Se basa en la relación entre la viscosidad dinámica de un fluido y su densidad. También puede denominarse cm²/seg. Suele emplearse su submúltiplo el centistocke (cSt). 1 cSt = 0.01 St.

3.1.5. Potencia calorífica. La potencia calorífica se puede expresar como la cantidad de calor desprendida en la combustión completa de la unidad de combustible, 1 mol o 1 kg si es sólido o líquido, y 1 m³ a 0° y 760 mm de Hg si es un combustible gaseoso.

La potencia calorífica de un combustible se determina en un calorímetro; en su determinación se puede observar que en las paredes del calorímetro se deposita agua que proviene de la condensación del vapor de agua producido en la combustión, que al condensar cede aproximadamente 600 Kcal/kg; éste calor sumado al generado en la combustión recibe el nombre de potencia calorífica superior, que es el resultado proporcionado por el calorímetro; la potencia calorífica baja no lo hace.

La potencia calorífica alta derivada del petróleo se puede calcular por medio de las siguientes ecuaciones:

$$HHV_{\text{avol.cte.}} = 22,320 - 3780d^2$$

donde d es la gravedad específica a 60°/60° F. Dando como resultado Btu/lbm.

La potencia calorífica baja se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$LHV_{\text{apresióncte.}} = HHV_{\text{avol.cte.}} - 90.8H$$

donde H es el % de peso del hidrógeno. También se puede usar $H=26-15d$.

3.1.6. Calor específico. Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado. En el Sistema Internacional

de unidades, el calor específico se expresa en julios por kilogramo y kelvin, en sistema inglés, Btu/lb °F; en ocasiones también se expresa en calorías por gramo y grado centígrado. El calor específico del agua es una caloría por gramo y grado centígrado, es decir, hay que suministrar una caloría a un gramo de agua para elevar su temperatura en un grado centígrado.

Una fórmula para calcular el calor específico en sistema inglés (Btu/lb°F) es:

$$c = \frac{(0.388 + 0.00045t)}{\sqrt{d}}$$

donde t es la temperatura en °F.

3.1.7. Calor latente. El cambio de temperatura de una sustancia conlleva una serie de cambios físicos. Casi todas las sustancias aumentan de volumen al calentarse y se contraen al enfriarse. Se denomina fase de una sustancia a su estado, que puede ser sólido, líquido o gaseoso. Los cambios de fase en sustancias puras tienen lugar a temperaturas y presiones definidas.

El paso de sólido a gas se denomina sublimación, de sólido a líquido fusión, y de líquido a vapor vaporización. Si la presión es constante, estos procesos tienen lugar a una temperatura constante. La cantidad de calor necesaria para producir un cambio de fase se llama calor latente; Existen calores latentes de sublimación, fusión y vaporización.

Podemos calcular el calor latente en Btu/lb de un combustible líquido por medio de la siguiente fórmula:

$$L = \frac{(110.9 - 0.09t)}{d}$$

3.1.8. Punto de escurrimiento. Este es para ver la temperatura mínima a la que el combustible puede fluir, dicha prueba es de gran utilidad en los países fríos ya que si se tiene un punto de escurrimiento muy alto el combustible se congelaría y tapanía los conductos de combustible. Esta temperatura es expresada en números múltiplos de 3°C, en la cual la muestra todavía fluye cuando es sometida a enfriamiento bajo condiciones determinadas.

3.1.9. Punto de inflamación (flash point). El punto de inflamación de un material es la temperatura a la cual un líquido (o sólido volátil) desprende vapor, en cantidades suficientemente significativas, para formar una mezcla que puede encenderse en contacto con el aire.

Cuando existe una fuente externa de ignición (como por ejemplo, chispas eléctricas, llamas) un material se puede encender a temperatura igual o superior a su punto de inflamación.

El punto de inflamación del éter etílico es de -45° C; el queroseno tiene un punto de inflamación entre 38 y 65.5° C. Los gases inflamables no tienen punto de inflamación puesto que ya se encuentran en fase de vapor.

3.2. Tipos de tanques de almacenamiento

3.2.1. Definición y clasificación por el contenido del tanque.

NFPA (National FIRE Protection Association) es una organización de carácter mundial que proporciona reglamentos y sugerencias sobre seguridad contra incendios, seguridad eléctrica, y seguridad sobre la vida de la comunidad.

Establecido en 1896, la misión de la organización internacional es reducir la posibilidad de incendios y de otros peligros que pudiesen afectar a la calidad de la vida de las personas, desarrollando y comunicando códigos y estándares científico, basados en el consenso, la investigación, el entrenamiento, y la educación.

La NFPA en la actualidad tiene aproximadamente 68.000 miembros alrededor de las organizaciones comerciales y profesionales del mundo y está presente en más de 80 países.

Según la NFPA 30 "Flammable and Combustible Liquids Code", aplicable al almacenamiento, manipulación y utilización de los líquidos inflamables, éstos se diferencian entre sí por los siguientes rangos de temperatura de acuerdo al siguiente detalle:

➤ **Combustible líquido.** Un líquido tiene un punto de inflamación de o por encima de 100°F (37.8° C). Los combustibles líquidos pueden ser divididos en:

- Clase II: Cualquier líquido que tenga un punto de inflamación superior a los 37.8°C (100°F) y bajo los 60°C (130 °F).
- Clase III A: Cualquier líquido que tenga un punto de inflamación igual o superior a los 60°C (130°F) pero inferior a los 93°C (200°F).
- Clase III B: Cualquier líquido que tenga un punto de inflamación igual o superior a los 93°C (200°F).

➤ **Líquidos inflamables.** Todos los líquidos que tienen un punto de inflamación inferior a los 37.8°C (100°F), y tienen una presión de vapor que no excede las 2.7 atm (40 psia) a 37.8°C (100°F) de temperatura. La Clase I de líquidos se puede subdividir en:

- Clase I A: Líquidos que tengan punto de inflamación bajo los 22.8°C (73°F) y punto de ebullición bajo los 37.8°C (100°F).
- Clase I B: Líquidos que tengan punto de inflamación bajo de los 22.8°C (73°F) y punto de ebullición igual o superior a 37.8°C (100°F).
- Clase I C: Líquidos que tengan punto de inflamación igual o superior a 22.8°C (73°F) pero inferior a 37.8°C (100°F).

3.2.2. Tanques sobre tierra. El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos, y se pueden clasificar de la siguiente manera como se muestra en la figura 1.

CLASIFICACIÓN		
Clasificación		
→ Construcción	Vertical	techo fijo techo flotante int techo flotante ext
	Horizontal	a p_{atm} (camiones) a $p > p_{atm}$ (cigarros)
→ Uso	Esferas	
	Doble pared (criogénicos - GNL)	
	Producción (refinería) Yacimiento Terminal de despacho Reserva	
→ Producto	Crudo Naftas LPG, etc.	

Figura 1. Clasificación de almacenamiento de combustible

Para los tanques de gran capacidad, se utilizan los tanques verticales a presión. Los horizontales se utilizan para almacenar volúmenes relativamente chicos. En esta investigación se enfocará el estudio en los tanques verticales, ya que son los que se utilizan para almacenar un gran volumen de combustible líquido.

El tipo de tanque a utilizar se puede clasificar según el tipo de combustible que se desea almacenar, como se muestra en la tabla 1.

	Tipo de tanque	Producto
Tanques verticales	Techo fijo, sin calefaccionar	Gas oil, slop, JP1
	Techo fijo, calefaccionado	Fuel oil, gas oil pesado, crudo pesado.
	Techo flotante, sin calefaccionar (interno o externo)	Naftas, aeronaftas, crudo liviano.
	Techo flotante, calefaccionado	Crudo liviano con parafinas
	Esferas, cigarros.	LPG

Tabla 1. Tipo de tanque respecto al combustible almacenado

3.2.2.1. Normas aplicables. Existen diversas normas que ayudan a tener un sistema confiable y seguro, entre las cuales están las siguientes.

- ASTM American Society for Testing Materials
- API American Petroleum Institute
- NFPA National Fire Protection Association
- STI Steel Tank Institute
- UL Underwriters Laboratories Inc. (E.U.A.)
- ULC Underwriters Laboratories of Canada

Por ejemplo la norma API 650, es la norma que fija la construcción de tanques soldados para el almacenamiento de petróleo. La presión interna a la que pueden llegar a estar sometidos es de 15 psig, y una temperatura máxima de 90 °C. Con estas características, son aptos para almacenar a la mayoría de los productos producidos en una refinería. Hay otras además de esta (API 620, API 12B, etc.)

Para productos que deban estar a mayor presión (ej. LPG) o mayor temperatura (ej. Tanques de asfaltos) hay otras normas que rigen su construcción.

En aplicaciones especiales, se utilizan tanques criogénicos (ej. Almacenamiento de gas natural licuado), que se rigen por una norma específica.

3.2.2.2. Tanques verticales. Entre los tanque verticales se tienen los tanque de techo fijo y de techo flotante. Ambos deben de cumplir con ciertas generalidades de construcción, los cuales se mencionan a continuación:

- Pasos de hombre: son bocas de aprox. 600 mm de diámetro para el ingreso al interior del tanque. La cantidad mínima necesaria la fija la norma en función del diámetro del tanque.
- Bocas de limpieza: se colocan cuando se considera necesario. Son aberturas de 1.2 x 1.5 m aprox dependiendo del diámetro del tanque y de la altura de la primer virola.
- Base de hormigón: se construye un aro perimetral de hormigón sobre el que debe apoyar el tanque para evitar hundimiento en el terreno y corrosión de la chapa.
- Telemedición: hay distintos sistemas, cada uno con sus ventajas y ámbito de aplicación. Entre ellos podemos mencionar para la medición de nivel:
 - HTG: medición hidrostática de tanques. Los últimos modelos acusan una precisión del 0.02%
 - Servomecanismos: un palpador mecánico sigue el nivel de líquido. Precisión de 1 mm aprox. (Figura 2).

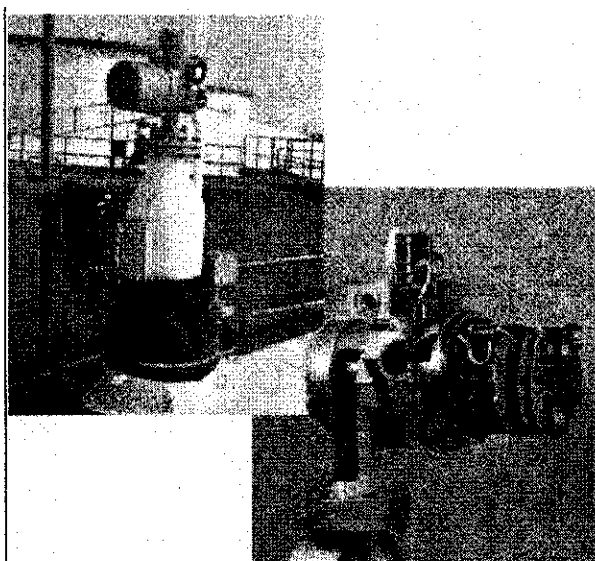


Figura 2. Tecnología avanzada de servomecanismos

- Radar: se envía una señal por medio de una antena, que rebota y vuelve a la fuente. Precisión 1 mm aprox. (Figura 3).

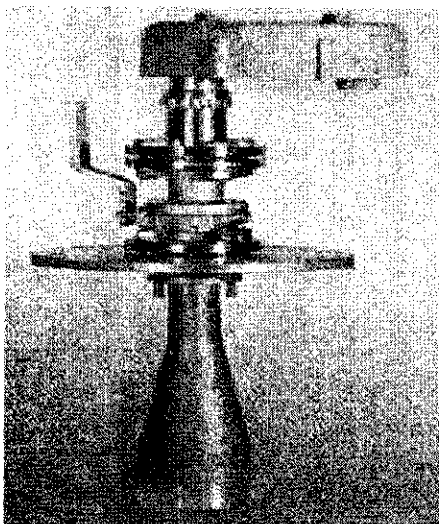


Figura 3. Radar de medición de nivel para altas presiones

- Para la medición de temperatura, se utilizan tubos con varias termocupas ubicadas en distintas alturas, para medirla a distintos niveles de líquido (estratificación). Precisión hasta 0.05°C.
- Instalación contra incendios: idealmente, se debe contar con dispositivos que suministren espuma dentro del recipiente, y con un anillo de incendios que sea capaz de suministrar el caudal de agua mínimo que exige la ley.
- Serpentin de calefacción: empleado en productos como el crudo (sedimentación de parafinas) y fuel oil (mantener viscosidad adecuada), son tubos de acero por los que circula vapor a baja presión.
- Agitadores: se utilizan para mantener uniforme la masa de hidrocarburos dentro del tanque. Son hélices accionadas por un motor externo que giran dentro de la masa de producto.
- Recinto: debe existir alrededor del tanque un recinto capaz de contener hasta el 10% más de la capacidad máxima del tanque. En caso de haber más de un tanque dentro del recinto, el mismo deberá ser capaz de contener la capacidad máxima del tanque más grande, más el 50% de la capacidad total de los tanques restantes. Dicho recinto estará delimitado por un muro o por un talud de tierra. Los tanques de 10.000 m³ de capacidad o mayores deberán ubicarse en recintos individuales.
- Drenajes: por seguridad, la apertura del drenaje del recinto debe poder hacerse siempre desde el exterior del muro de contención, para recuperar el producto en caso de rotura del tanque.

Techo fijo. En los tanques verticales de techo fijo, es necesario instalar válvulas de presión y vacío o simplemente instalar un respiradero natural, de tal forma que evite la deformación del techo o de las paredes del tanque. Son necesarias ya que el tanque respira debido a:

- Vaciado/llenado
- Aumento de la temperatura
- Exposición al fuego

Techo flotante. Constan de una membrana solidaria al espejo de producto que evita la formación del espacio vapor, minimizando pérdidas por evaporación al exterior y reduciendo el

daño medio ambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas en las cercanías del tanque.

El techo flotante puede ser interno (existe un techo fijo colocado en el tanque) o externo (se encuentra a cielo abierto).

En cualquier caso, entre la membrana y la envolvente del tanque, debe existir un sello.

Los nuevos techos internos se construyen en aluminio, y se coloca un domo geodésico como techo fijo del tanque (Figura 4). Las ventajas que presenta el domo con respecto a un techo convencional son:

- Es un techo autoportante, es decir, no necesita columnas que lo sostenga. Esto evita el tener que perforar la membrana.
- Se construye en aluminio, lo cual lo hace más liviano.

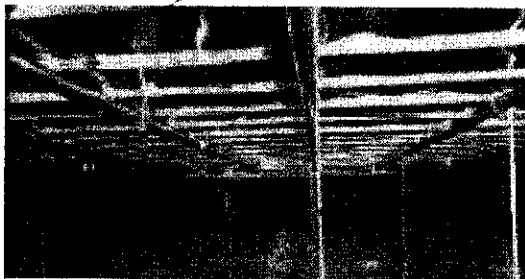


Figura 4. Estructura techo flotante interno

- Se construyen en el suelo y se montan armados mediante una grúa, evitando trabajos riesgosos en altura.

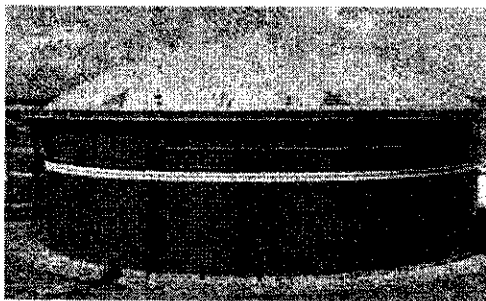


Figura 5. Techo domo con techo flotante interno

Los techos flotantes cuentan con ciertas características para su buen funcionamiento, las cuales son:

- Pontones: son cilindros estancos que flotan sobre el espejo de producto y sustentan al techo. No deben ser un componente estructural del techo sometido a esfuerzos, ya que esto produciría su pinchadura y posterior hundimiento.

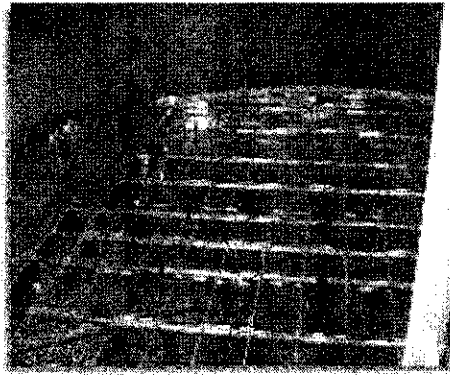


Figura 6. Techo flotante interno

- Membranas: como alternativa a los pontones, se pueden colocar membranas de contacto total. Estas evitan el espacio vapor que queda entre el líquido y el techo flotante con pontones. Pueden ser de aluminio o polímeros patentados.
- Sellos: se encargan de minimizar las fugas de vapores en la unión entre el techo flotante y la envolvente del tanque. Hay de distintos tipos y para obtener buenos resultados se coloca un sello primario y uno secundario. El sello primario, que es indispensable, puede ser del tipo pantográfico de zapata (Figura 7) o de espuma montada en fase líquida (Figura 8). El sello secundario se monta sobre el primario y puede tener rodamientos que apoyen contra la pared del tanque (Figura 9).

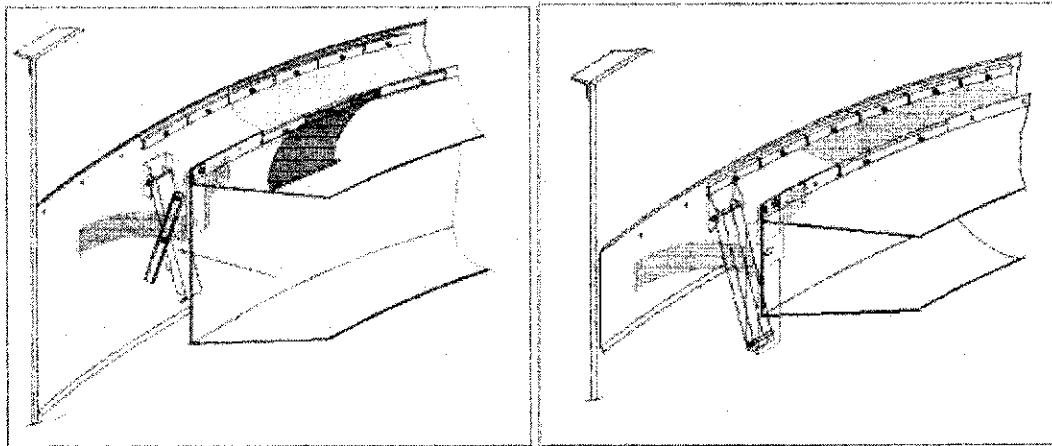


Figura 7. Sello primario tipo pantógrafo

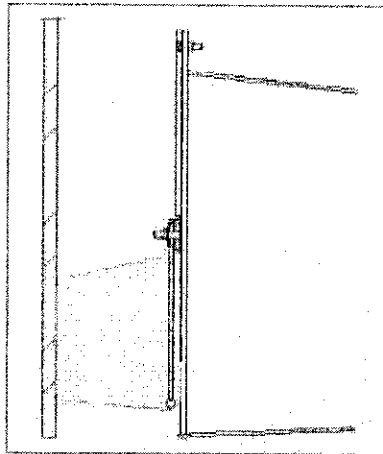


Figura 8. Sello primario tipo espuma

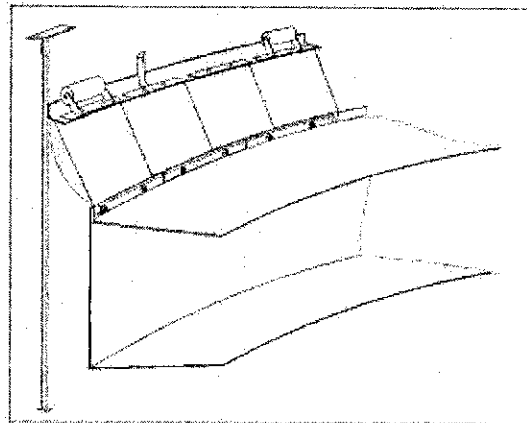


Figura 9. Sello secundario

- Drenaje del techo flotante exterior: Cuando no existe un domo de protección, debido a que es un techo que se encuentra a cielo abierto, debe poder drenar el agua de lluvia que caiga sobre él. Para esto, se diseña con un punto bajo y una válvula anti-retorno (cheque), y una cañería (o manguerote) que pasa por el interior del tanque y en contacto con el producto almacenado hasta que sale por un punto bajo de la envolvente (para que no interfiera con el techo) (Figura 10).

Algunos diseños, permiten la inyección de espuma por el drenaje del techo para casos de emergencia.

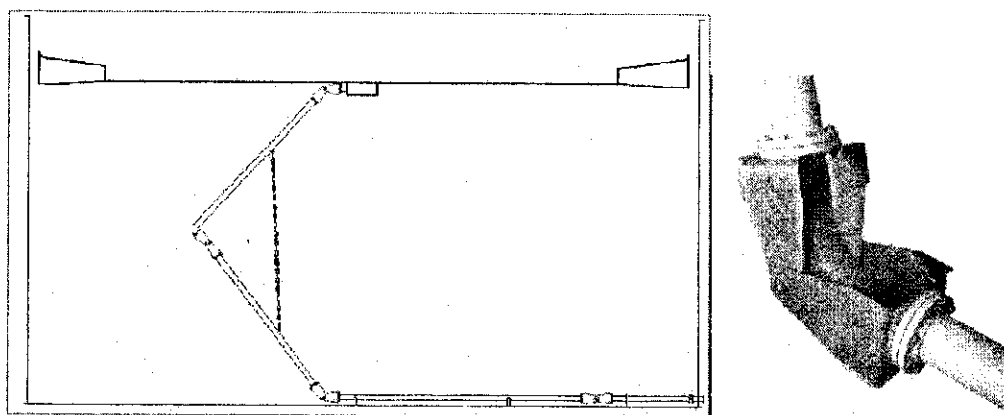


Figura 10. Drenaje de techo

3.3. Equipo de bombeo

Un equipo de bombeo es un transformador de energía mecánica que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc. Y la convierte en energía, que un fluido adquiere en forma de presión, de posición y de velocidad.

3.3.1. Clasificación de las bombas. Las bombas pueden ser clasificadas con base a su aplicación, por el material que está construida, los líquidos que maneja, etc. Pero, todas estas clasificaciones, están limitadas y en otros casos se traslapan el uno con el otro. Un sistema más básico de clasificación es, primero definir qué energía es adherida al fluido, siguiendo por identificar los medios por los cuales los principios son implementados, y finalmente delinear específicamente la geometría comúnmente aplicada. Este sistema está relacionado con la bomba en sí y está desligado de cualquier consideración externa con la bomba y hasta de los materiales en que está construida.

Bajo este sistema, todas las bombas se pueden dividir en dos grandes categorías: (1) *dinámicas*, en las cuales se añade energía continuamente, para incrementar las velocidades de los fluidos, evitando reducción de velocidad lo que puede producir un incremento en la presión; (2) *desplazamiento positivo*, en las cuales guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un embolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro. "El movimiento del desplazamiento positivo" consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio (rotor). Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye volumen (impulsión), por esto a estas máquinas también se les denomina Volumétricas.

Las bombas dinámicas se pueden dividir en diversas variedades de centrífugas y otros usos especiales de bombas. La figura 11 muestra la clasificación de estas bombas. Las bombas de desplazamiento positivo son divididas esencialmente en reciprocantes y rotatorias, dependiendo de la naturaleza del movimiento de la presión producida por los componentes. La figura 12 muestra la clasificación de las bombas de desplazamiento positivo.

Debido a lo extenso que es desarrollar cada una de las subdivisiones de cada clasificación, esta investigación se enfocará en las bombas utilizadas en la planta San Miguel, las cuales son

bombas de desplazamiento positivo, rotatorias, y de un rotor de tornillo. Estas bombas no tienen válvulas ni partes reciprocantes; el movimiento del líquido es efectuado por la acción combinada de dos elementos giratorios semejantes a las ruedas dentadas. No debe intentarse el emplearla para el bombeo de líquidos delgados, lo que las hace perfectas para líquidos viscosos como lo son los combustibles. Debido a su gasto de descarga casi uniforme, las bombas positivas rotatorias pueden trabajar a grandes velocidades sin el peligro de que se presenten presiones de inercia ni aún en el caso de no ser empleadas cámaras de aire.

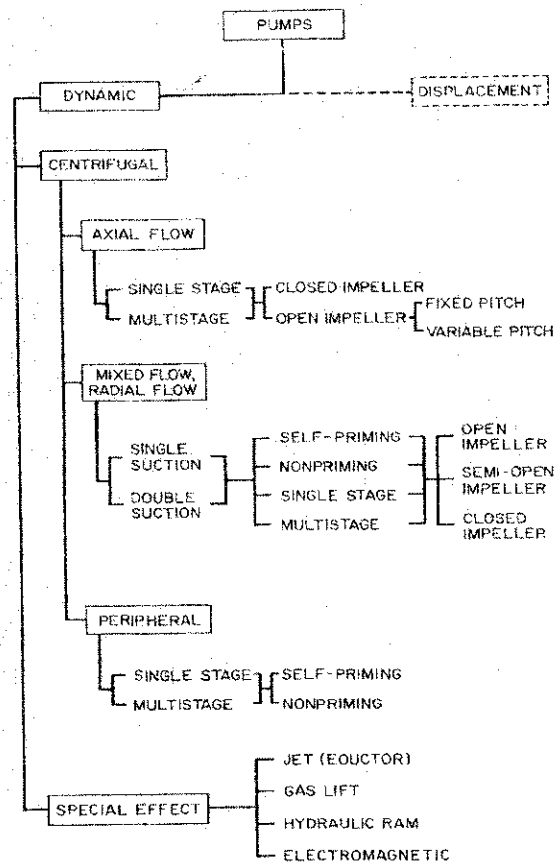


Figura 11. Clasificación de las bombas dinámicas

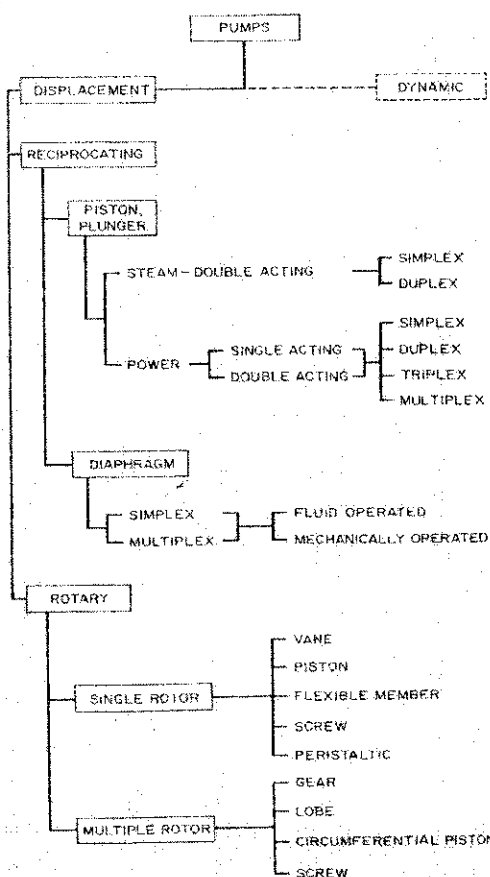


Figura 12. Clasificación de bombas de desplazamiento positivo

3.3.2. Bombas de tornillo. Las bombas de tornillo son el tipo especial de bombas rotatorias de desplazamiento positivo en la cual el flujo a través de los elementos que lo bombean es puramente axial. El líquido se lleva en medio de la rosca del tornillo en uno o más rotores y se desplaza axialmente. En todas las bombas rotatorias el líquido es forzado a viajar circunferencialmente, esto hace que las bombas de tornillo tengan un flujo axial único y velocidades internas bajas y un sin fin de ventajas en muchas aplicaciones cuando la agitación o mezcla del líquido es inaceptable.

La aplicación de las bombas de tornillo cubre una diversidad de mercados como en quemadores de aceite industrial, servicios de lubricación de aceite, procesos químicos, industrias de petróleo y crudo, y otras más. Las bombas de tornillo pueden manejar líquidos en un intervalo de viscosidad desde melaza hasta gasolina, como si fuera un líquido sintético en un intervalo de presión de 50 a 5000 lb/in² y flujos arriba de 5000 gpm.

Debido a la inercia relativamente baja de sus partes rotativas, las bombas de tornillo son capaces de operar a velocidades más altas que otras bombas rotatorias o reciprocantes.

De acuerdo al Instituto de Estándares Hidráulicos, las bombas de tornillo se pueden clasificar en los tipos de un único o múltiple rotor. Cada uno de ellos se subdivide en las categorías de rotores a tiempo y fuera de tiempo.

Las bombas de tornillo simple tienen un número limitado de configuraciones. Las bombas de tornillo múltiple pueden encontrarse en gran variedad de configuraciones y diseños. Muchos fabricantes tienen dos configuraciones básicas disponibles, construcción simple y finalización doble, de la cual la última es la mejor.

Como cualquier tipo de bomba, tienen ciertas características que pueden ser ventajas y desventajas de diseño de bombas de tornillo; estas tienen que ser reconocidas para la selección de la mejor bomba para una aplicación en particular.

Ventajas:

- Amplio rango de flujo y presión.
- Amplio rango de líquidos y viscosidades.
- Capacidad de altas velocidades.
- Bajas velocidades internamente.
- Buenas características de succión.
- Alta tolerancia de para manejar aire y gases.
- Mínima agitación y espuma.
- Baja vibración mecánica, y operación silenciosa.
- Diseño compacto, fácil de instalar y mantener.
- Alta tolerancia a la contaminación en comparación con otras bombas rotatorias.

Desventajas:

- Alto costo relativo debido a la poca tolerancia y holguras de marcha.
- Características de desempeño sensibles a los cambios de viscosidad.
- Capacidad de alta presión requiere que los elementos de la bomba sean más largos (ej: impulsor), necesitando más espacio para su instalación.

3.3.2.1. Teoría

Capacidad de presión. Como ya se había mencionado anteriormente, las bombas de tornillo pueden aplicarse sobre un rango de presión arriba de 5000 psi. Se requiere un espacio de holgura muy cerrado y una gran exactitud de las roscas. La presión de entrada y salida se incrementa a medida que el largo del rotor es incrementado a la vez (Figura 13 y 14).

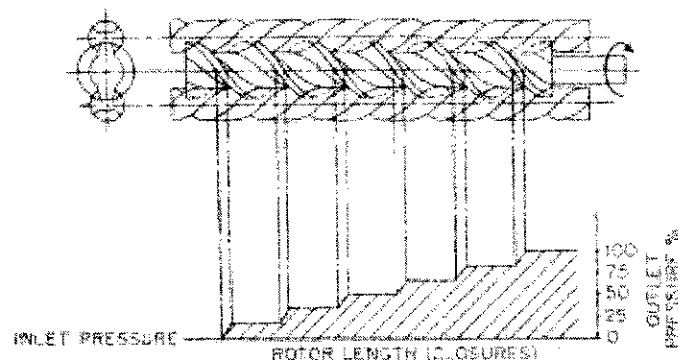


Figura 13. Gradiente de presión a lo largo de un set de tornillo

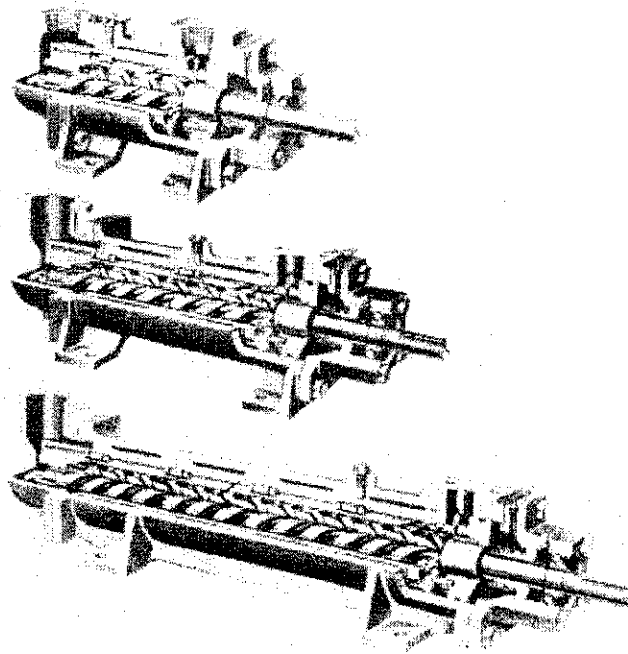


Figura 14. La capacidad de presión de la bomba incrementada por diseño modular

Conceptos de diseño. El gradiente de presión existe dentro de los elementos de la bomba de todos los tipos de bombas de tornillo que producen fuerzas de reacción hidráulicas. Dos diseños que comúnmente se utilizan son:

- *Rotores a tiempo*, los cuales cuentan con medios externos para poner en fase el engrane en las roscas y para soportar la fuerzas actuantes en el rotor. En este concepto, teóricamente, las roscas no entran en contacto con otro o con el housing en el cual rota (Figura 15). Los engranes y cojinetes están a tiempo (sincronizados con la rosca del eje) pueden estar dentro o fuera de la carcasa de la bomba

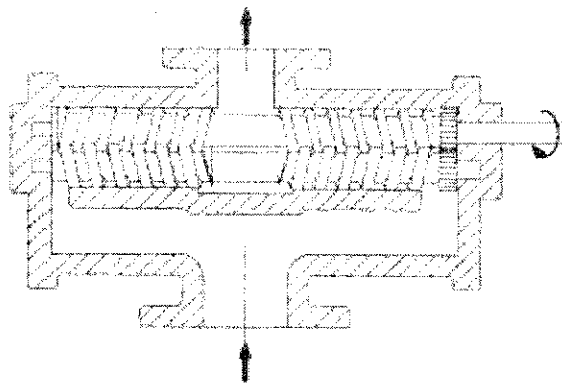


Figura 15. Arreglo de tornillo múltiple finalización-doble

- *Rotores fuera de tiempo*, cuenta con la precisión y exactitud de la forma del tornillo para proveer engrane y transmisión de rotación. Este utiliza el housing para servir de cojinetes soportando las reacciones del bombeo a lo largo del rotor (Figura 16) y no utilizan engranes.

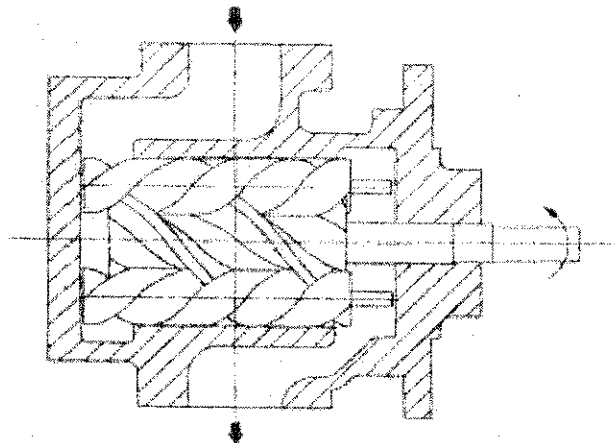


Figura 16. Arreglo de tornillo múltiple finalización-simple

3.3.2.2. Construcción

Tipos Básicos. Como se indicó anteriormente, hay tres grandes tipos de bombas de tornillos:

1. Rotor simple
2. Rotor múltiple en tiempo
3. Rotor múltiple fuera de tiempo

En el caso del segundo y el tercero hay dos arreglos básicos, simple y finalización-doble. La construcción finalización-doble como se puede ver en la figura 17 es probablemente la versión mejor conocida debido al amplio uso durante muchos años por su relativa simplicidad y diseño compacto.

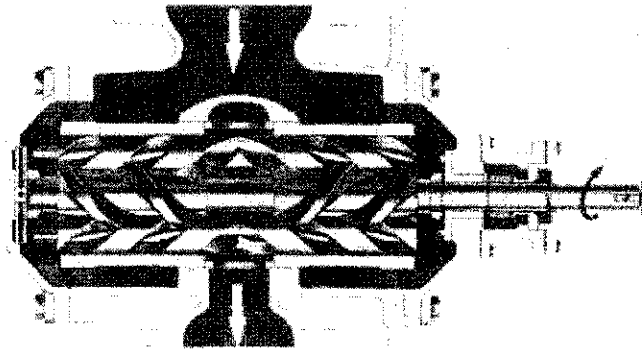


Figura 17. Bomba finalización-doble

Finalización-doble. Este arreglo es básicamente dos bombas finalización-simple opuestas o elementos de bomba del mismo tamaño con eje de rotor en común por un diseño de hélice opuesto en una misma carcasa. Como se puede ver en la figura 17, el fluido entra a la bomba y es dividido hacia los bordes para los dos elementos de bomba y es descargado por en medio o en el centro de los elementos de la bomba. Los dos elementos de bomba son en efecto, bombas conectadas en paralelo. Este diseño puede también proveer un

flujo reservado para aplicaciones de baja presión. En cualquier caso estos arreglos todas las cargas axiales en el rotor están fuera de balance hasta que el gradiente de presión en cada uno son iguales y opuestas.

Su uso es limitado a bajas y medianas presiones. Este arreglo es generalmente empleado cuando se requiere flujo grande o el líquido es demasiado viscoso.

Finalización-simple. Todos los tres tipos de bombas de tornillo ofrecen la construcción finalización-simple. El único inconveniente de utilizar las bombas de finalización-simple es la complejidad de balancear las cargas axiales.

La construcción de las bombas de finalización-simple es ampliamente empleada para movilizar fluidos de baja viscosidad hasta media viscosidad o fluidos hidráulicos a presiones muy altas.

El diseño de finalización-simple para altas presiones se desarrolla literalmente por un arreglo de elementos de bombeo de mediana presión y finalización-simple en serie en una misma carcasa (Figura 14).

Sellos. En cualquier bomba rotatoria, el arreglo de sellado para los ejes es muy importante y a menudo crítica. Para el eje impulsor, se utilizan sellos mecánicos rotatorios dependiendo del fabricante o el cliente. Los sellos mecánicos pueden ser de elastómeros tales como el Viton, Butyl, Nordel, etc. Los componentes rotatorios están hechos de carbón, bronce, hierro fundido, níquel resistente, carburos, o cerámicos.

3.4. Componentes del sistema de distribución

Por sistemas de tuberías se entiende el conjunto de tuberías, bridas, juntas, válvulas, tornillos de sujeción y accesorios de tuberías sometidos a la presión del líquido. El diseño, fabricación, ensamblaje, pruebas e inspecciones de los sistemas de tuberías conteniendo líquidos inflamables y combustibles será adecuado para la presión y temperatura de trabajo esperadas y para los máximos esfuerzos combinados debido a presiones, dilataciones u otras semejantes en las condiciones normales o transitorias de puesta en marcha y/o situaciones anormales de emergencia.

Cuando pueda quedar líquido atrapado entre equipos o secciones de tuberías y haya la posibilidad de que este líquido se dilate o evapore (por ejemplo entre válvulas de bloqueo) deberá instalarse un sistema de alivio que impida alcanzar presiones superiores a las de diseño del equipo o tubería siempre que la cantidad atrapada exceda de 50 litros. Se excluyen de los requerimientos anteriores los sistemas de tuberías de motores o vehículos, calderas, servicios de edificios y similares debido a la falta de espacio.

3.4.1. Clasificación de tuberías. Existen diversas instituciones que se encargan de tener tuberías confiables y seguras, por medio de estándares y códigos, entre las cuales están las siguientes:

- ASTM: American Society for Testing Materials (materiales)
- ASA: American Standards Association (dimensiones y esfuerzos)
- PFI: Pipe Fabrication Institute (fabricación)

Las tuberías se pueden clasificar por la capacidad que tienen de manejar cierto tipo de material, la cual podemos observar en la figura 18.

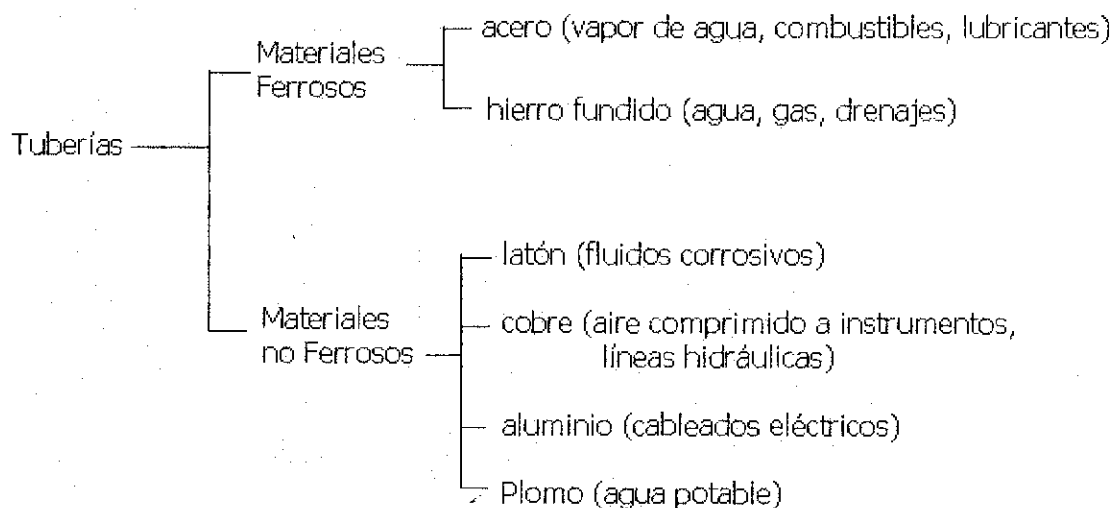


Figura 18. Clasificación de tuberías

Podemos partir que de la clasificación anterior, el material óptimo para una tubería que se desee utilizar para transportar combustible, debe de ser de materiales ferrosos y de acero.

Existen diversos tipos de acero. Los aceros se pueden clasificar dependiendo de la temperatura de operación del fluido, siendo la siguiente:

- Aceros al carbono, temperaturas hasta 850 °F
- Aceros carbono molibdeno, temperaturas hasta 1000 °F
- Aceros al cromo molibdeno, temperaturas hasta 1100 °F
- Aceros inoxidables, temperaturas hasta 1200 °F

En la tabla 2 podemos observar las dimensiones de tubos de acero. La tubería es fabricada de acuerdo al sistema de tamaño nominal (aproximado), correspondiente a su diámetro exterior. En la tabla 3 podemos observar los tamaños de tubería en pulgadas NPS (Nominal pipe size) y su equivalente en milímetros DN (Diameter nominal).

El grosor de la tubería para todos los diámetros se designa por el número de cédula. El número de cédula de cualquier tubería esta relacionado con la presión interna (P , psi) y el esfuerzo permisible (S , psi) del material por medio de la expresión $1000 P/S$. Los números de cédula pueden ser 5, 5S, 10, 10S, 20, 20S, 30, 40, 40S, 60, 80, 80S, 100, 120, 140 y 160. Los números de cédula seguidos por una letra S son por ASME B36.19M, y estos son primordialmente destinados para usarse con tubería de acero. También se tienen los términos de cédula estándar, extra fuerte, fuerte, etc, que se utilizan como lo muestra en la tabla 2.

Nominal pipe size	Outside diameter	Nominal wall thickness															
		Sch 5S ²	Sch 10S ²	Sch 10	Sch 20	Sch 30	Standard ²	Sch 40	Sch 60	Extra-strong ²	Sch 80	Sch 100	Sch 120	Sch 140	Sch 160	XX strong	
1/8	0.405	.....	0.049	.....	.....	.....	0.063	0.068	.....	0.095	0.095	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1/4	0.540	.....	0.065	.....	.....	.....	0.083	0.088	.....	0.119	0.119	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3/8	0.675	.....	0.065	.....	.....	.....	0.091	0.091	.....	0.126	0.126	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1/2	0.840	0.065	0.083	.....	.....	.....	0.109	0.109	.....	0.147	0.147	.....	.....	.....	.....	0.188	0.294
3/4	1.050	0.065	0.083	.....	.....	.....	0.113	0.113	.....	0.154	0.154	.....	.....	.....	.....	0.219	0.308
1	1.315	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.133	0.133	.....	0.179	0.179	.....	.....	.....	.....	0.250	0.358
1 1/4	1.660	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.140	0.140	.....	0.191	0.191	.....	.....	.....	.....	0.250	0.382
1 1/2	1.900	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.145	0.145	.....	0.200	0.200	.....	.....	.....	.....	0.281	0.400
2	2.375	0.065	0.109	.....	.....	.....	0.154	0.154	.....	0.218	0.218	.....	.....	.....	.....	0.344	0.436
2 1/2	2.875	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.203	0.203	.....	0.276	0.276	.....	.....	.....	.....	0.375	0.552
3	3.5	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.216	0.216	.....	0.300	0.300	.....	.....	.....	.....	0.438	0.600
3 1/2	4.0	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.226	0.226	.....	0.318	0.318	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	4.5	0.083	0.120	.....	.....	.....	0.237	0.237	.....	0.337	0.337	.....	0.438	.....	.....	0.531	0.674
5	5.563	0.109	0.134	.....	.....	.....	0.258	0.258	.....	0.375	0.375	.....	0.500	.....	.....	0.625	0.750
6	6.625	0.109	0.134	.....	.....	.....	0.280	0.280	.....	0.432	0.432	.....	0.562	.....	.....	0.719	0.864
8	8.625	0.109	0.148	.....	0.250	0.277	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.594	0.719	0.812	0.906	0.906	0.875
10	10.75	0.134	0.165	.....	0.250	0.307	0.365	0.365	0.500	0.500	0.594	0.719	0.844	1.000	1.125	1.000	1.000
12	12.75	0.156	0.180	.....	0.250	0.330	0.375	0.406	0.562	0.500	0.688	0.844	1.000	1.125	1.312	1.000	1.000
14 OD	14.0	0.156	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438	0.594	0.500	0.750	0.938	1.094	1.250	1.406	.....	.....
16 OD	16.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500	0.656	0.500	0.844	1.031	1.219	1.438	1.594	.....	.....
18 OD	18.0	0.165	0.188	0.250	0.312	0.438	0.375	0.562	0.750	0.500	0.938	1.156	1.375	1.562	1.781	.....	.....
20 OD	20.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	0.594	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.969	.....	.....
22 OD	22.0	0.188	0.218	0.250	0.375	0.500	0.375	.....	0.875	0.500	1.125	1.375	1.625	1.875	2.125	.....	.....
24 OD	24.0	0.218	0.250	0.250	0.375	0.562	0.375	0.688	0.969	0.500	1.218	1.531	1.812	2.062	2.344	.....	.....
26 OD	26.0	.....	.....	0.312	0.500	.....	0.375	.....	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
28 OD	28.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	.....	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
30 OD	30.0	0.250	0.312	0.312	0.500	0.625	0.375	.....	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
32 OD	32.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
34 OD	34.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	0.688	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
36 OD	36.0	.....	.....	0.312	0.500	0.625	0.375	0.750	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
42 OD	42.0	.....	.....	.....	.....	.....	0.375	.....	.....	0.500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

All dimensions are given in inches.
 The decimal thicknesses listed for the respective pipe sizes represent their nominal or average wall dimensions. The actual thicknesses may be as much as 12.5% under the nominal thickness because of mill tolerance. Thicknesses shown in light face for Schedule 60 and heavier pipe are not currently supplied by the mills, unless a certain minimum tonnage is ordered.
¹ Additional nominal wall thicknesses established as standard sizes are listed in ASA Standard B36.10-1959. Also, Schedule 10S is available in carbon steel in sizes 12 in. and smaller.
² Schedules 5S and 10S are available in corrosion-resistant materials and Schedule 10S is also available in carbon steel.
³ Thicknesses shown in italics are available also in stainless steel, under the designation Schedule 40S.
⁴ Thicknesses shown in italics are available also in stainless steel, under the designation Schedule 80S.

Tabla 2. Dimensiones de tubos de acero

NPS	DN	NPS	DN	NPS	DN	NPS	DN
1/8	6	3 1/2	90	22	550	44	1100
1/4	8	4	100	24	600	48	1200
3/8	10	5	125	26	650	52	1300
1/2	15	6	150	28	700	56	1400
5/8	20	8	200	30	750	60	1500
1	25	10	250	32	800	64	1600
1 1/4	32	12	300	34	850	68	1700
1 1/2	40	14	350	36	900	72	1800
2	50	16	400	38	950	76	1900
2 1/2	65	18	450	40	1000	80	2000
3	80	20	500	42	1050	—	—

Notes:

1. For sizes larger than NPS 80, determine the DN equivalent by multiplying NPS size designation number by 25.

Tabla 3. Tamaños de tubería designada por NPS y DN

Es usual en la industria clasificar la tubería de acuerdo a su rango de presión y temperatura utilizado en el sistema. En la tabla 4 se lista la clase estándar para tubería basada en ASME B16.5 con su correspondiente rango de presión nominal (PN). Esta presión nominal está indicada en bars (1 bar = 14.5 psi = 100 kPa).

Class	150	300	400	600	900	1500	2500
PN	20	50	68	110	150	260	420

Notes:

1. Pressure-temperature ratings of different classes vary with the temperature and the material of construction.
2. For pressure-temperature ratings, refer to tables in ASME B16.5, or ASME B16.34.

Tabla 4. Rango de clases de tubería basada en ASME B16.5 y su correspondiente PN

3.4.2. Tipos de accesorios utilizados

3.4.2.1. Códigos y estándares. En la tabla 5 se muestra códigos y estándares para las válvulas proporcionados por la API (American Petroleum Institute).

American Petroleum Institute (API) Specifications	
6D-94	Specification for Pipeline Valves (Gate, Plug, Ball, and Check Valves)
6FA-94	Specification for Fire Test for Valves
6FB-92	Specification for Fire Test for End Connections
6FC-94	Specification for Fire Test for Valves with Automatic Backseats
6FD-95	Specification for Fire Test for Check Valves
14A-94	Specification for Subsurface Safety Valve Equipment
14D-94	Specification for Wellhead Surface Safety Valves and Underwater Safety Valve for Offshore Service
API Standards	
526-95	Flanged Steel Pressure Relief Valves
527-91	Seat Tightness of Pressure Relief Valves
589-93	Fire Test for Evaluation of Valve Stem Packing
594-91	Wafer and Wafer-Lug Check Valves
598-90	Valve Inspection and Testing
599-94	Metal Plug Valves—Flanged and Welding Ends
600-91	Steel Gate Valves—Flanged and Butt-Welding Ends
602-93	Compact Steel Gate Valves—Flanged, Threaded, Welding, and Extended-Body Ends
603-91	Class 150, Cast, Corrosion-Resistant, Flanged-End Gate Valves
607-93	Fire Test for Soft-Seated Quarter-Turn Valves
608-95	Metal Ball Valves—Flanged, Threaded, and Welding Ends
609-91	Lug- and Wafer-Type Butterfly Valves

Tabla 5. Códigos y estándares para las válvulas

3.4.2.2. Clasificación de las válvulas

Clasificación basada en el movimiento mecánico. Basado en el movimiento mecánico o cíclico del cierre de la válvula, se pueden clasificar como sigue:

- Válvulas de movimiento lineal
- Válvulas de movimiento rotatorio
- Válvulas de cuarto de vuelta (0 a 90°)

En la tabla 6 podemos observar la clasificación de distintos tipos de válvulas basado en su movimiento mecánico de cierre.

Valve type	Linear motion	Rotary motion	Quarter turn
Gate valve	X		
Globe valve	X		
Swing check valve		X	
Lift check valve	X		
Tilting-disc check valve		X	
Folding-disc check valve		X	
In-line check valve	X		
Stop check valve	X	X	
Ball valve		X	X
Pinch valve	X		
Butterfly valve		X	X
Plug valve		X	X
Diaphragm valve	X		
Safety valve	X		
Relief valve	X		

Notes: Tilting-disc check valves are in the same category as swing check valves in regard to motion of the disc.

When a swing check valve is provided with the external means to close and maintain the valve disc in a closed position, it can be used as a stop check valve.

Tabla 6. Clasificación de las válvulas basado en su movimiento

Clasificación basada en el tamaño de la válvula. El tamaño de la válvula se denota por en tamaño nominal del tubo (NPS), el cual es igual al tamaño de la conexión de la válvula o el flange. Las válvulas también pueden instalarse con reductores en ambos lados, en este caso, los reductores deben de ser del mismo tamaño de la válvula. El tamaño de la válvula no necesariamente es igual al diámetro interior de la válvula. Es normal que en la práctica industrial se catalogue las válvulas basadas en su tamaño, en dos clasificaciones: pequeñas y grandes.

- Válvulas pequeñas: para NPS 2 (DN 50) y más pequeñas. En ocasiones, para NPS 2 ½ (DN 65) y más pequeñas son referidas a válvulas pequeñas.
- Válvulas grandes: para NPS 2 ½ (DN 65) y más grandes.

3.4.2.3. Materiales. Las válvulas pueden ser fabricadas de distintos materiales por medio de estándares proporcionados por MSS (Manufacturers Standardization Society) y la API (American Petroleum Institute), los cuales se presentan a continuación en las tablas 7, 8 y 9, los cuales muestran el tipo de estándar, clase, tipo de válvula, tamaño y material de fabricación.

Remarks	Flanged (FD) ¹	Welding		Threaded	Soldered	Brazed	Mechanical joint	Solvent cement	Remarks
		BW	SW						
Carbon steels	X	X	X	X			X		See Tables A10.2, 3, 4 & 5
Stainless steels	X	X	X	X			X		See Tables A10.2, 3, 4 & 5
Alloy steels	X	X	X	X			X		See Tables A10.2, 3, 4 & 5
Cast iron	X			X					See Tables A10.3, 4 & 5
Ductile iron	X			X					See Tables A10.3, 4 & 5
Bronze	X			X	X	X	X		See Tables A10.3, 4 & 5
Brass	X			X	X	X	X		
Copper	X			X	X	X	X		
Thermoplastics	X						X	X	Refer to ASME B16.40

¹ Flanged-end valves include flanged, wafer-and-lug-style valves, which are installed between flanges.

Tabla 7. Materiales para el cuerpo de las válvulas y el tipo de conexión disponible

MSS Standard	Rating/class	Valve types	Size (NPS)	Material
MSS SP-42 Class 150 Corrosion Resistant Gate, Globe, Angle, and Check Valves with Flanged and Butt-Weld Ends	Class 150	a. Gates. (OS&Y) ¹	a. NPS 1/4-24	A351, CFR, CF8M, CF8C, CF3, CF3M, Alloy 20, CN7M, A182, A240, A276, A479
		b. Globes, tee-, wye-pattern and angle, (OS&Y)	• NPS 1/4-24 Globe and angle ■ NPS 1/4-24 wye-Pattern Globe	
		c. Check, lift, swing and wye-pattern	• NPS 1/4-24 Lift check ■ NPS 1/4-24 Swing check	
MSS SP-67 Butterfly Valves	a. Class 25, 125, 150, 300, 400, 600, 900, 1500, 2500	a. Flangeless (wafer type), Single flange (lug type), and flanged-end valves	a. NPS 1/4-72	Bronze (B16.24) Cast Iron (B16.1) Ductile iron (B16.42) Materials per ASME B16.34
	b. Class ² C606 rating	b. Grooved-end and shouldered-end valves	b. Pressure rating per ASME B16.34, B16.1, B16.24, B16.42, B16.47	
MSS SP-68 High-Pressure Butterfly Valves with Offset Design	ASME B16.34 ratings	Wafer, lug type	NPS 3-24 (DN 80-600) NPS 30-48 (DN 750-1200)	A126, Class B Brass Or Bronze
MSS SP-70 Cast-Iron Gate Valves, Flanged and Threaded Ends	125, 250 and 800 Hydraulic	Type I—Solid-wedge disc Type II—Split-wedge disc Type III—Double disc, parallel seat	a. NPS 2-48, flanged end b. NPS 2-6, threaded end	A126, Class B Brass Or Bronze
		Type I—Full waterway, metal to metal seats ³ Type II—Full waterway, composition to metal seats Type III—Clear waterway, metal to metal seats Type IV—Clear waterway, composition to metal seats	a. 2-24 (DN 50-600) flanged end b. 2-6 (DN 50-150) ⁴ threaded end	A126, Class B trim: Bronze Cast Iron Stainless Steel
MSS SP-71 Gray-Iron Swing Check Valves, Flanged and Threaded Ends	125 and 250	Ball valves Full port Regular port Reduced port	1/2 through 36	Carbon steel, alloy steel, stainless steel, ductile iron and bronze
MSS SP-72 Ball Valves with Flanged or Butt-Welding Ends for General Service	150, 300, 400, 900 per ASME B16.24 and ASME B16.5 150 & 300 per ASME B16.42	Plug valves Flanged Threaded Lubricated Nonlubricated	• NPS 2-2 Flanged • NPS 2-6 Threaded	A126, A48, B62, B384, A47, A536, A197, A283
MSS SP-78 Cast-Iron Plug Valves, Flanged and Threaded Ends	125, 250 and 800			

Tabla 8. Válvulas abarcadas por estándares de MSS

MSS SP-80 Bronze Gate, Globe, Angle, and Check Valves	a. 125, 150, 200, 300, and 350 b. 150 and 300	a. Threaded and soldered ends		a. Threaded ends— $\frac{1}{4}$ –3 Soldered ends— $\frac{1}{4}$ –3 b. Flanged ends— $\frac{1}{4}$ –3	Bronze B61, B62, B124, B584, B371, B99, B116, B140, A494
		a. Threaded ends	b. Flanged ends		
MSS SP-81 Stainless-Steel, Bonnetless, Flanged Knife-Gate Valves	Valves for pressure not ex- ceeding 150 psig @ tem- perature 32 to 150° F	Bonnetless, flanged knife-gate valves		2–24	Stainless steel or stainless-lined cast or fabricated A290, A351, A276, A743, A216, B62, A126
MSS SP-85 Cast-Iron Globe and Angle Valves, Flanged and Threaded Ends	125 and 250	Globe, angle, threaded, and flanged		NPS 2–12 flanged NPS 2–6 threaded	Cast iron A126, Class B
MSS SP-88 Diaphragm Type ^a Valves	Cat. A, 125 and 150 Cat. B $\frac{1}{2}$ –1 (200 psig) 1 $\frac{1}{4}$ –2 (175 psig) 2 $\frac{1}{2}$ –4 (150 psig) 5 & 6 (125 psig) 8 (100 psig) 10 & 12 (65 psig) 14 & 16 (50 psig) Cat. C, Mfr. rating	Diaphragm type valves		$\frac{1}{4}$ –16	Bronze B62 Cast iron A126, C1JB Malleable iron A47 Carbon steel A216, WCB Stainless steel A351 Ductile iron A395 Aluminum B26
MSS SP-99 Instrument Valves ⁴	10,000 psi and lower @ 100°F	Valves needle, packless, ball, plug, check, and manifold		1 in and smaller	Steel and alloy Materials per ASME B16.34
MSS SP-105 Instrument Valves ⁴ for Code Applications	10,000 psi and lower @ 100°F	Valves needle, packless, ball, plug, check, and manifold		1 in and smaller	Steel and alloy Materials per ASME D16.34, B31.1, B31.3 ASME Section III
MSS SP-108 Resilient-Seated Cast- Iron, Eccentric Plug Valves	• 175 psig CWP ¹ , (NPS –112) • 150 psig CWP (NPS 14–72)	Plug valves, flanged, threaded, mechanical joint or grooved-end connection		3–72	Cast iron A126, Class B A48, Class 40 A536

¹ Outside screw and yoke.
² Valve ends shall conform to ANSI/AWWA C-606.
³ Refer to figures in MSS SP-71.
⁴ For equivalent metric (DN) sizes, refer to App. E2, F2M, and Table A1.1 (Chapter A1).
⁵ Tables and annexes referenced are the ones in the standard.
⁶ The application of valve type, size, rating, material of construction, and suitability for service are the responsibility
of the purchaser and are outside the scope of this standard.
⁷ Cold working pressure.

cont. Tabla 8. Válvulas abarcadas por estándares de MSS

API Standard	Rating/class	Valve types	Size	Materials
API Standard 526 Flanged Steel-Pressure Relief Valves	150, 300, 600, 900, 1500, 2500	a. Spring loaded b. Pilot-operated pressure relief valves (PORV)	a. Table 2-15 for spring-loaded Valves b. Table 16-29 for PORV	SA 216, Gr. WCB SA 217, Gr. WC SA 351, Gr. CF8M
API Standard 599 Metal Plug Valves, Flanged, and Welding Ends	150, 300, 400, 600, 900, 1500 and 2500 per ASME B16.34	Plug valves with flanged or butt-welding ends	NPS 1-24	Ductile iron (B16.42) A395, A126 and ASME B16.34 materials
API Standard 600 Steel Gate Valves—Flanged and Butt Welding Ends, Bolted, and Pressure-Seal Bonnets	150 through 2500	Gate valves	NPS 1-24	Material listed in ASME B16.34 A182, A217, A276, A351, A439, B473
API Standard 602 Compact Steel Gate Valves—Flanged, Threaded, Welding, and Extended-Body Ends	• Threader-end, socket-welded end, or extended-body valves 800 or 1500 • Flanged end valves 150, 300, 600, or 1500 • Butt-welded end valves 150, 300, 600, 800, 1500	Gate valves a. Flanged and butt-welding b. Threaded and socket-welding	a. NPS 4 and smaller b. NPS 2½ and smaller	A105, A106, A182, A216, A217, A276, A312, A333, A335, A351, A351, A352, A582, B473
API Standard 594 Check Valves, Wafer, Wafer-Lug, and Double-Flanged Type	a. Class 125 and 250 b. Class 150 & 300 c. Class 400 & 600 d. Class 900 & 1500 e. Class 2500	Check valves	a. NPS 2-48 b. NPS 2-60 c. NPS 2-42 d. NPS 2-24 e. NPS 2-12	A182, A217, A351, A494, B473, B564
API Standard 603 Class 150, Cast, Corrosion-Resistant, Flanged-End Gate Valves	150	Gate valves	NPS ½-12	ASME B16.34 Group 2 or 3 materials
API Standard 608 Metal Ball Valves—Flanged, Threaded, and Welding-End	a. 150 and 300 b. 150, 300, and 600	a. Butt-welding or flanged ends b. Threaded or socket-welding ends	a. NPS ½-12 b. NPS ½-2	Per ASME B16.34
API Standard 609 Butterfly Valves: Double-Flanged, Lug-and-Wafer Type	a. 125 or 150 b. 150, 300, and 600	a. Category A ¹ b. Category B ²	a. NPS 2-48 b. NPS 3-24	Ductile iron copper alloys B16.34 materials
API 610 Specification for Pipeline Valves	150, 300, 400, 600, 900, 1500, 2500	Gate, plug, ball, check flanged, or welded ends	Class 2500 (NPS 2-16) Class 1500 (NPS 2-16) Class 900 (NPS 2-36) Class 150-600 (NPS 2-60)	A216, A217, A351, A352, A487, A757, A105, A182, A350, A541, A181, A707

Tabla 9. Válvulas abarcadas por estándares de API

3.4.2.4. Tipos de válvulas

Válvulas de compuerta: La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento (figura 19).

¹ Manufacturer's rated cold working pressure (CWP) butterfly valves, usually with concentric disc and seat configuration.
² Pressure-temperature rated butterfly valves that have an offset seat and either eccentric or concentric disc configuration.

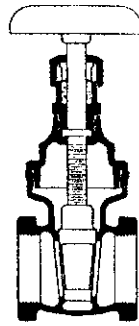


Figura 19. Válvula de compuerta

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.

Ventajas

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar abierta o cerrada por completo.
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.

Materiales

- Cuerpo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Lubricar a intervalos periódicos.
- Corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.
- Enfriar siempre el sistema al cerrar una tubería para líquidos calientes y al comprobar que las válvulas estén cerradas.
- No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.
- Abrir las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.
- Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.

Válvulas de globo: Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería (Figura 20).

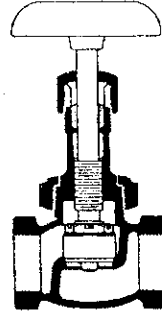


Figura 20. Válvula de globo

Recomendada para

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

Ventajas

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- Control preciso de la circulación.
- Disponible con orificios múltiples.

Desventajas

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

Materiales

- Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Instalar de modo que la presión este debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.

Válvulas de bola: Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto (Figura 21).

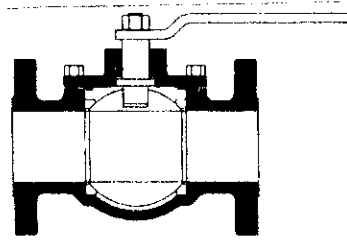


Figura 21. Válvula de bola

Recomendada para

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Ventajas

- Bajo costo.
- Alta capacidad.
- Corte bidireccional.
- Circulación en línea recta.
- Pocas fugas.
- Se limpia por sí sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.
- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).

Desventajas

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla.
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

Materiales

- Cuerpo: hierro fundido, hierro dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidable, titanio, tántalo, zirconio; plásticos de polipropileno y PVC.
- Asiento: TFE, TFE con llenador, Nylon, Buna-N, neopreno.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

- Dejar suficiente espacio para accionar una manija larga.

Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio): Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como

ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.

La válvula de retención (Figura 22) está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra.

Una válvula de desahogo (Figura 23) es de acción automática para tener regulación automática de la presión.

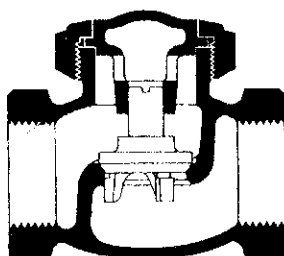


Figura 22. Válvula de retención (tipo de elevación)

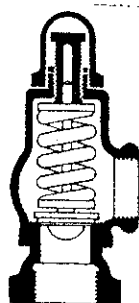


Figura 23. Válvula de desahogo (alivio)

3.4.3. Métodos de instalación de tuberías

3.4.3.1. Uniones de tuberías. Se usarán uniones soldadas, embridadas, roscadas o cualquier otro tipo de conexión adecuado al servicio. Se soldarán todas las uniones de tuberías para líquidos de las clases A y B, situadas en lugares ocultos o inaccesibles dentro de edificios o estructuras.

3.4.3.2. Soportes. Los sistemas de tuberías serán adecuadamente soportados y protegidos contra daño físico y excesivos esfuerzos debidos a vibración, dilatación, contracción o asentamiento.

La MSS (Manufacturers Standardization Society) en su norma SP-58 "Tipos de soportes y cargadores", propone 58 tipos diferentes de soportes y colgadores para instalar en tuberías, como lo muestra la figura 24.

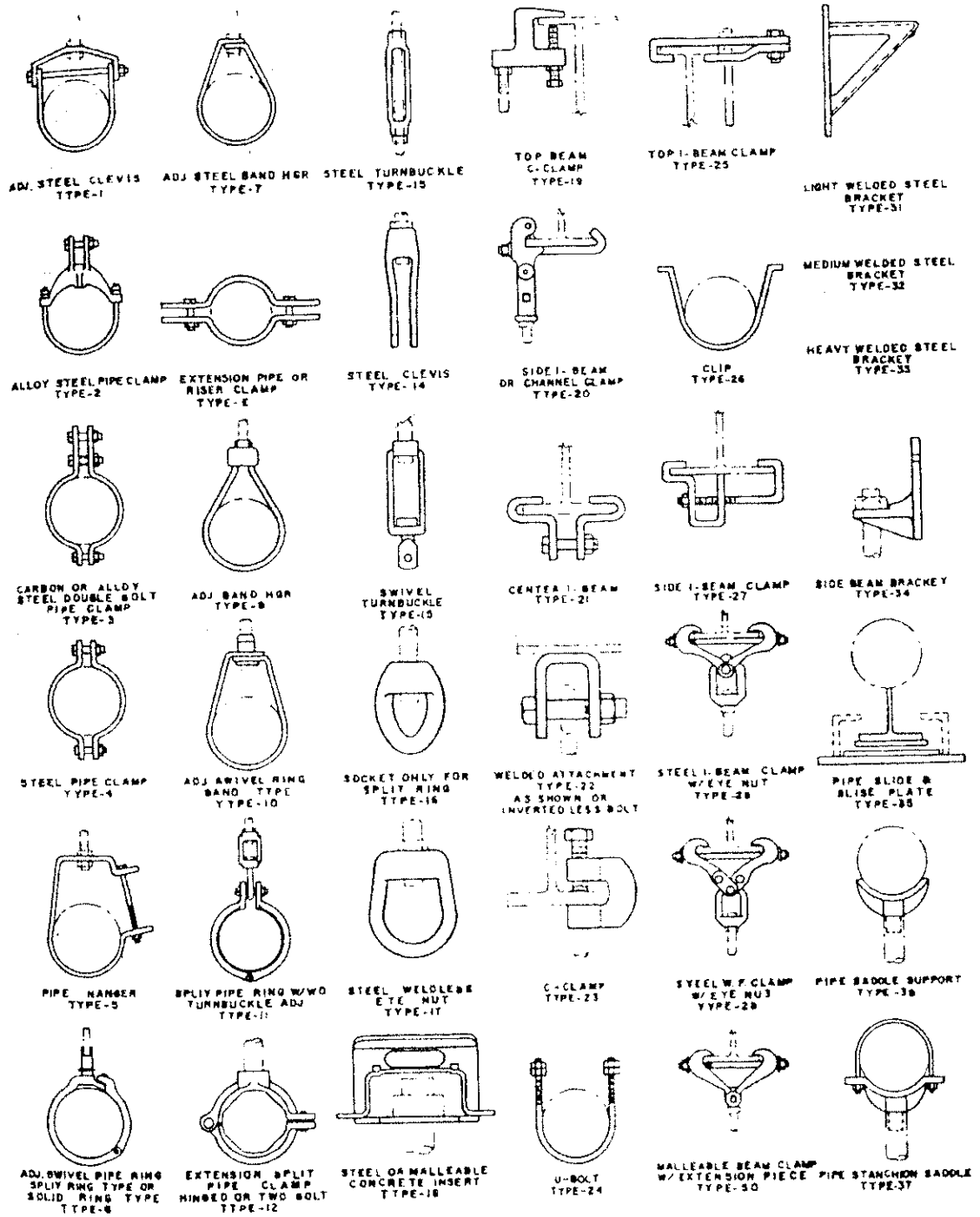
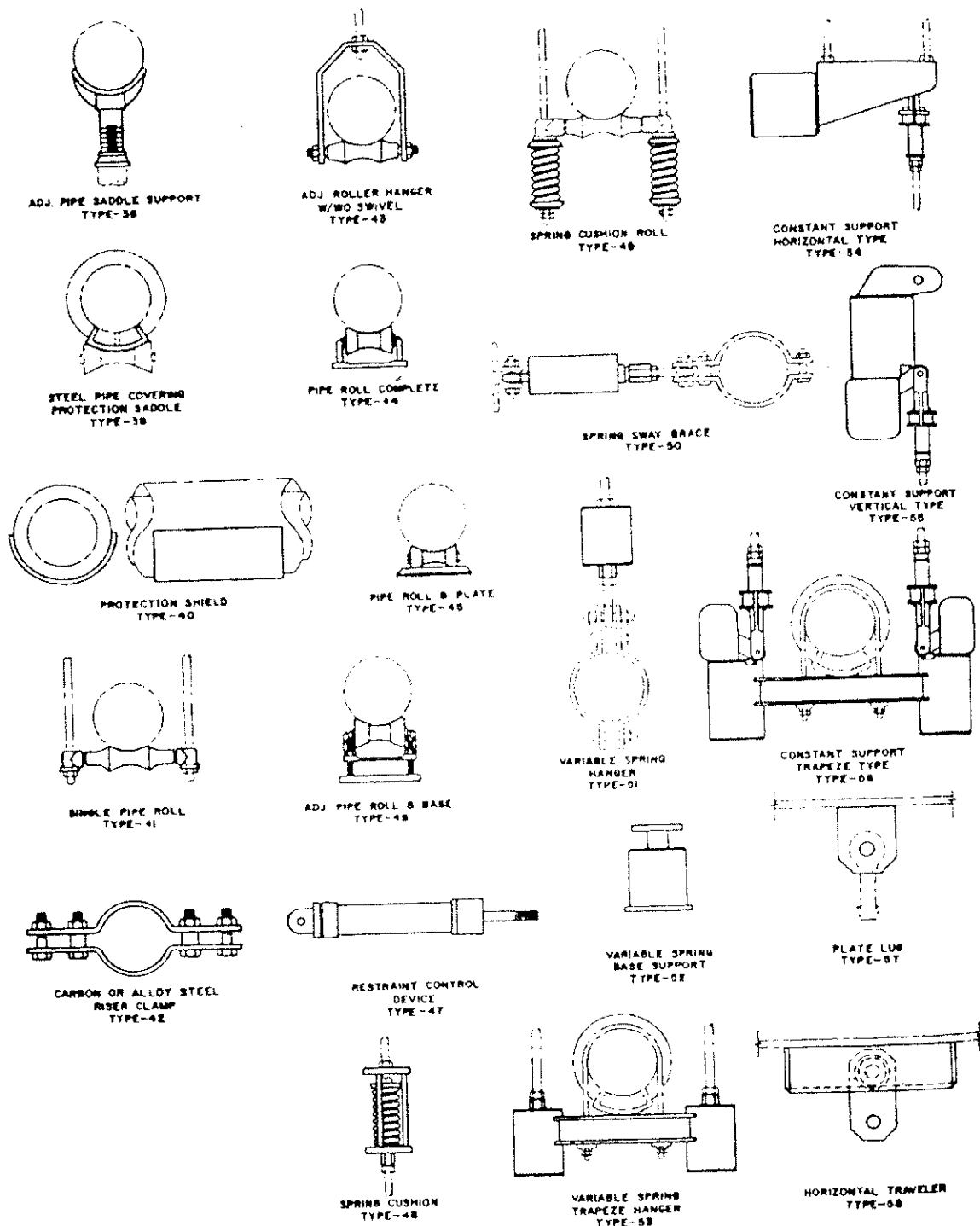


Figura 24. Tipos de soportes y cargadores, por MSS



cont. Figura 24. Tipos de soportes y cargadores, por MSS

3.4.3.3. Protección contra la corrosión externa. Los sistemas de tuberías para líquidos inflamables o combustibles enterrados o de superficie estarán pintados o protegidos, cuando estén sujetos a corrosión exterior.

3.5. Intercambiadores de calor

La aplicación de los principios de la transferencia de calor al diseño de un equipo destinado a cubrir un objetivo determinado en ingeniería, es de capital importancia, porque al aplicar los principios al diseño, el individuo está trabajando en la consecución del importante logro que supone el desarrollo de un producto para obtener provecho económico.

Cada aplicación en particular dictará las reglas a seguir para obtener el mejor diseño en relación a consideraciones económicas, de tamaño, de peso, etc. Un análisis de todos estos factores va más allá del alcance de la presente discusión, pero es bueno recordar que en la práctica, todos ellos deben tenerse en cuenta

Un intercambiador de calor es un dispositivo que transfiere calor entre un medio caliente y uno frío, por regla general se trata de fluidos.

3.5.1. Tipos de intercambiadores de calor

- **Simples.** Los intercambiadores más sencillos son los que tienen dos tubos concéntricos, como lo muestra la figura 25. En esta aplicación, un fluido circula por el interior del tubo más pequeño, mientras que el otro fluido discurre por el espacio anular que hay entre los dos tubos. En este tipo de intercambiador se puede usar tanto flujo contracorriente como paralelo, con el espacio anular ocupado, tanto por el fluido caliente como por el frío, mientras el otro fluido ocupa la tubería interna.

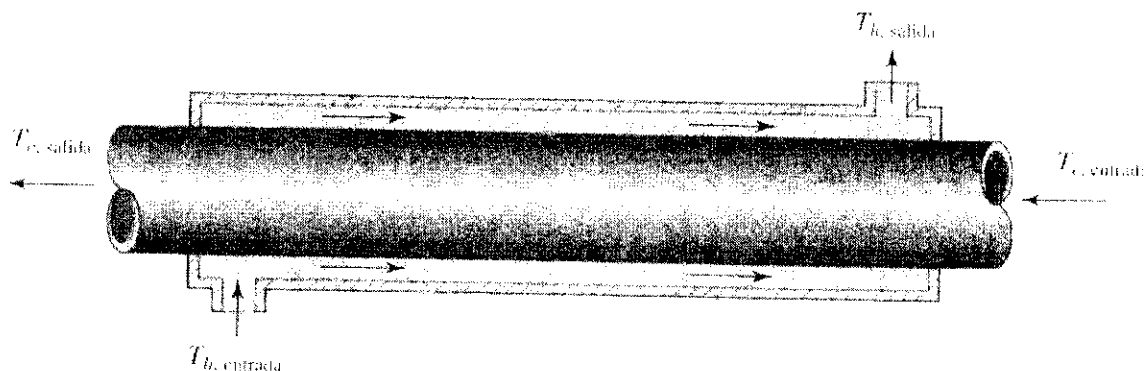
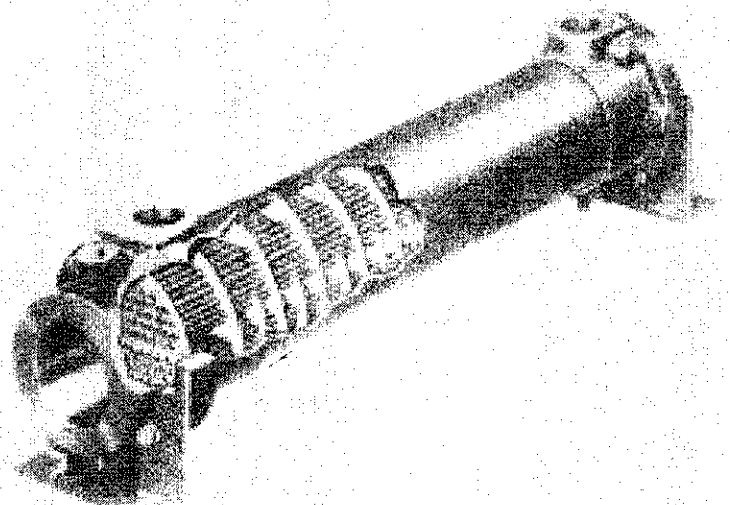
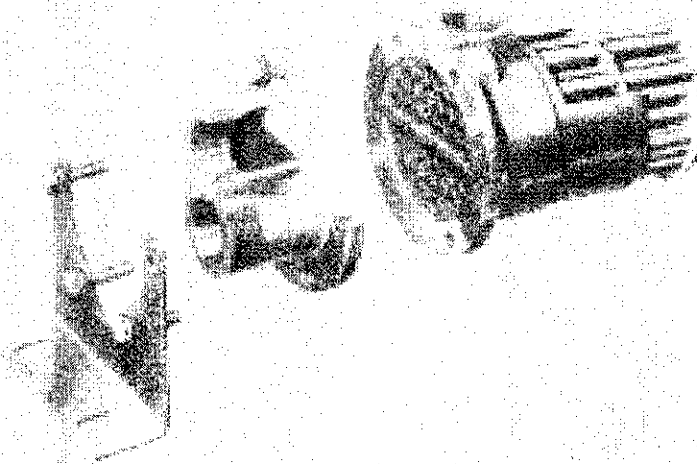


Figura 25. Intercambiador de calor simple a contraflujo

- **Carcasa y tubos.** Un tipo de intercambiador de calor ampliamente utilizado en las industrias, es el dispositivo de carcasa y tubos mostrado en la figura 26. Uno de los fluidos circula por el interior de los tubos, mientras que al otro fluido circula se le obliga a circular entre la carcasa y la superficie exterior de los tubos. Para asegurarse de que el fluido del lado de la carcasa circule transversalmente a los tubos, ocasionando así una mayor transferencia de calor, se colocan en la carcasa unos deflectores, como se muestra en la figura 27. Dependiendo del montaje de entrada en los extremos del intercambiador, se pueden utilizar uno o más pasos de tubos (Figura 26(b)).



(a)



(b)

Figura 26. Intercambiador de calor de carcasa y tubos. (a) Intercambiador de calor de carcasa y tubos con un paso de tubo; (b) Montaje de entrada de un intercambiador de carcasa y tubos con dos pasos de tubo

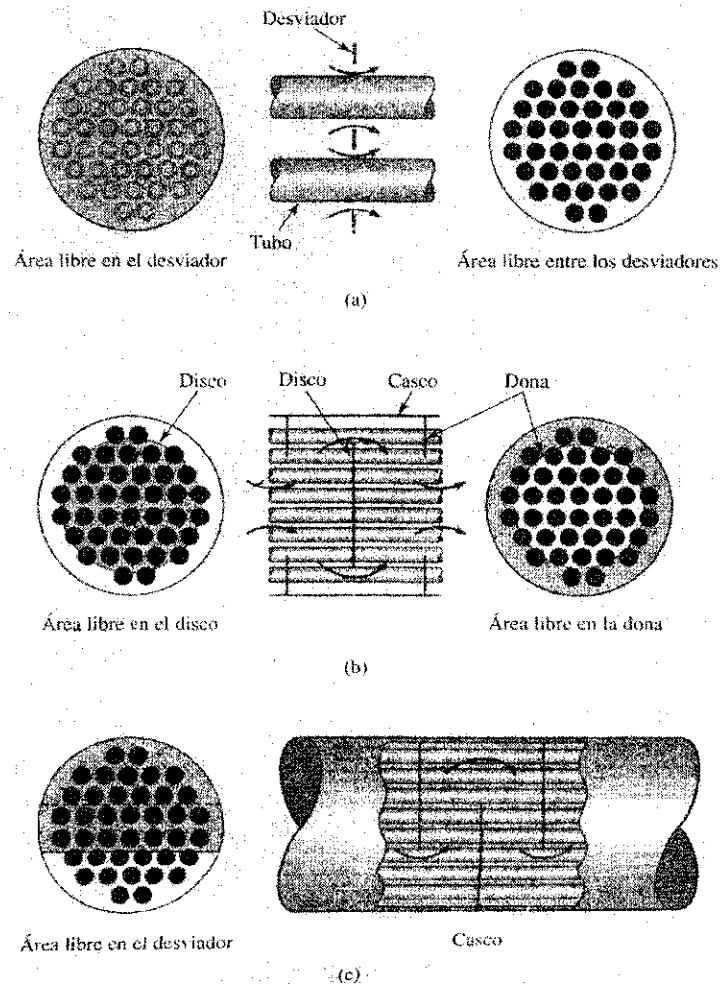


Figura 27. Tipos de desviadores: (a) desviador con orificios; (b) desviador de disco y dona; (c) desviador segmental

- **Corrientes cruzadas.** Los intercambiadores de calor de corrientes cruzadas se emplean generalmente para calentar aire o gases y en aplicaciones de refrigeración, por lo que para ésta investigación está fuera del tema.

3.5.2. Heat-tracing para sistema de tuberías. El término heat-tracing se refiere a la aplicación de calor continuo o intermitente para reemplazar el calor perdido al ambiente. La mayor utilidad del heat-tracing incluye protección de congelamiento, para derretir, mantener el fluido a la temperatura del proceso (o a viscosidades de bombeo), prevención de separación de componentes del fluido y prevención de condensación de gas.

El heat-tracing puede ser evitado en situaciones donde la pérdida de calor a los alrededores puede ser efectivamente minimizada.

3.5.2.1. Tipos de sistemas de heat-tracing. Los sistemas de heat-tracing pueden ser divididos en dos clases extensas: la eléctrica y fluidos. Los sistemas de fluidos para heat-tracing utilizan medios de calentamiento a elevada temperatura para transferir calor a la tubería que está siendo trazada. Si se utiliza vapor para calentar, el condensado es retornado

hacia la caldera o descargado. Si es empleado un fluido orgánico de transferencia de calor, éste es retornado hacia el intercambiador de calor para recalentarlo y recircularlo. En general, los fluidos para calentar pueden ser proveídos por el desecho de calor de un proceso de fluido, quemadores o combustibles fósiles, vapor, o electricidad.

En los sistemas eléctricos de heat-tracing se convierte energía eléctrica de calor y ésta es transferida a la tubería que contiene el fluido. La mayoría de los sistemas heat-tracing eléctricos comerciales que se utilizan hoy en día son los de tipo resistivo y toman la forma de cables colocados en la tubería. También existen otros tipos de sistemas especiales de calentamiento eléctrico, entre los cuales están el utilizar sistemas de impedancia e inducción.

En la tabla 10, se lista la temperatura de operación y de exposición y las principales características de los diferentes tipos de heat-tracing. En la figura 28 se muestra un ejemplo de arreglo "enrollado" de heat-tracing.

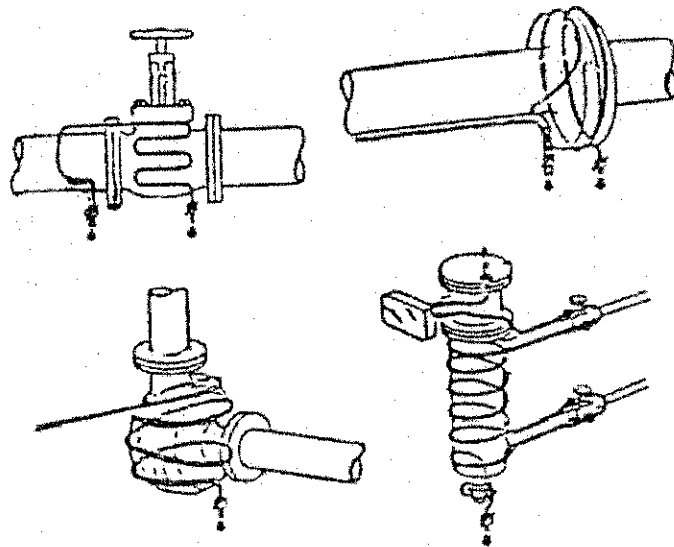


Figura 28. Arreglo "enrollado" de heat-tracing para válvulas, flanges, cubiertas, e instrumentos

Heat-tracing method	Max. operational temp.	Max. exposure temp.	Advantages	Disadvantages
Heat transfer fluids				
Steam	400°F (204°C)	None	Takes advantage of waste steam, explosion environment safe, high heat-transfer rates	Nonuniform heat distribution; expensive to install and maintain; imprecise temperature control; wastes energy
Organics	500-750°F (260-400°C)	None	Moderate temperature control, wide temperature range, low freezing temperatures	Relatively expensive; needs a circulating system; leaks can be hazardous
Glycols	250°F (121°C)	325°F (160°C)	Moderate temperature control, depresses freezing point, providing protection against freezing when not in use, lower operating cost than steam	Relatively expensive (glycols are cheaper than heat process fluids); high installed costs; needs a circulating system; leaks can be hazardous
Electric				
Self-regulating	150-300°F (65-149°C)	185-420°F (85-215°C)	Will not burn out—most reliable electric heating cable; energy efficient	Limited temperature range
MI cable	1190°F (590°C)	1500°F (800°C)	Rugged; capable of high temperature and high power	Difficult to field cut; a break in the cable causes an open circuit; should not be crossed over itself; can be damaged by moisture penetration
Zone	150-400°F (65-204°C)	250-1000°F (121-538°C)	Can be field cut; if a heating element fails, circuit is maintained	Relatively fragile; can self-destruct from its own heat; can burn out if crossed over itself
Skin effect	400°F (204°C)	450°F (232°C)	Simple components; rugged; needs relatively few energy inputs; can be part of a prefabricated insulated pipe bundle	Impractical for applications less than 5000 ft long; design is complex
Impedance	Up to failure of supply cable and connections	None	High heat-transfer rates and close temperature control; high temp. capability; heating structure; element cannot burn out	Expensive custom design; entire pipeline must be electrically isolated from the support
Inductance	Up to Curie point	None	High-temperature capability; high heat transfer rates	Very expensive; difficult custom design; not commercially exploited

Tabla 10. Comparación de métodos de heat-tracing

3.6. Aislantes térmicos

El aislamiento térmico sirve en distintos propósitos en aplicaciones industriales y comerciales. En términos simples, el aislamiento térmico reduce el flujo de calor desde una superficie a otra. En el calor o temperaturas altas en el ambiente, para aplicaciones de tubería, los aislantes térmicos reducen la pérdida de calor. En el frío o temperaturas bajas en el ambiente, para aplicaciones de tubería, los aislantes generalmente cumplen el propósito de minimizar la ganancia de calor.

Los aislantes térmicos también se utilizan para protección personal. Debe haber suficiente aislante para mantener la temperatura debajo de los valores de diseño, usualmente 140 °F (60°C). El aislante se utiliza para el control de la temperatura de la superficie para un efecto deseado aparte de la conservación térmica.

La National Insulation Association (NIA), en su programa de entrenamiento "Wheels of Learning", define aislamiento como "aquellos materiales o combinación de materiales los cuales retardan el flujo de calor". En la definición de aislamiento de NIA se observa que, pueden utilizarse una combinación de materiales.

Un sistema de aislamiento es cualquier combinación de materiales aislantes usados en relación por mastic, adhesivos, selladores, revestimientos, membranas, y/o otros productos como accesorios para proveer un ensamblado eficiente para la reducción de flujo de calor. La ingeniería de sistemas de aislamiento puede frecuentemente determinar o direccionar el comportamiento del proceso. Un sistema impropio de ingeniería puede provocar peligro y degradación. Esta degradación promueve el compromiso de mejorar las características del material del aislante.

Existe diversidad de tipos de materiales para aislantes para tuberías de uso comercial e industrial. Cada material tiene sus propias características para sus propiedades y comportamiento. Y para cada material existe un procedimiento correcto de aplicación.

3.6.1. Parámetros de diseño. En específico, un sistema de aislamiento es importante considerar los parámetros de los procesos y aplicaciones necesarias. Este es el porqué del diseño del sistema de aislamiento. A continuación se cita criterios de diseño utilizados en el diseño de un sistema de aislamiento para tuberías:

- Controlar la pérdida de calor en tuberías calientes
- Proveer protección personal
- Proveer confort personal en edificios
- Reducir ganancia de calor en tuberías frías
- Proveer control en el proceso
- Optimización económica o conservación de energía
- Proveer protección contra incendios
- Proveer protección contra congelamiento
- Proveer control de ruido

3.6.2. Materiales. Existen diferentes tipos de materiales para aislantes. De hecho existen diversas discusiones al respecto. Para propósitos de ésta investigación, se citará los aislantes más comunes utilizados comercialmente e industrialmente para aislamiento de tuberías. A continuación se lista, la clasificación de materiales más utilizados en la industria y comercialmente en la industria de tuberías:

- Aislamiento de silicato de calcio
- Aislamiento de vidrio celuloso
- Aislamiento de espuma elastómera
- Aislamientos de fibra de vidrio y lana mineral
- Aislamiento perlítico
- Aislamiento phenolic
- Aislamiento de espuma de poliestireno
- Aislamientos de espuma poliuretano y polisocianurado

En la tabla 11 se muestra la eficiencia del aislante respecto al material y espesor del mismo. Siendo la espuma y fibra de vidrio las más eficientes.

material	espesor (pulg)						
	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
lana mineral	80	85	86	87	88	89	90
espuma de vidrio/ fibra de vidrio	89	90	91	92	93	94	95
silicato de calcio	85	89	90	91	92	93	94
desconocido	75	75	75	75	75	75	75
sin aislante	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 11. Eficiencia de aislantes

4. SISTEMA ACTUAL DE LA RED DE COMBUSTIBLE EN LA PLANTA CEMENTOS PROGRESO, S. A., SAN MIGUEL, SANARATE

En la Planta San Miguel se utilizan tres tipos de combustibles líquidos: el aceite quemado, petróleo crudo y bunker C, los cuales son utilizados en los hornos de clinker para sus quemadores principales y auxiliares. El bunker C también es utilizado por las plantas de generación de eléctrica MAK, y el petróleo crudo lo utiliza la planta de cal.

Existen diversos equipos en el sistema de distribución de combustible en la planta San Miguel. A continuación se proporcionará información de los equipos más importantes de la red de combustible utilizado en la planta.

4.1. Tanques de almacenamiento

En la planta San Miguel se cuenta con tres tanques verticales a presión atmosférica sobre tierra, para el almacenamiento principal y abastecimiento de combustibles. Estos a su vez, se encuentran en una fosa, la cual tiene la capacidad de contener el combustible en caso de fuga en los tanques. Todos los tanques están provistos por un serpentín de calentamiento dentro del tanque, el cual utiliza aceite térmico como agente de transferencia de calor, el cual mantiene los combustibles en condiciones óptimas de almacenaje y manejo, a una temperatura entre 50 y 60° C. A continuación se cita las características de los tres tanques de almacenamiento.

4.1.1. Tanque de aceite quemado. Construido por Transformadora Industrial Pittsburg Des-Mones y Cía., S.A. (TIPIC, S.A.)

Características:

Tanque de techo fijo cónico
Diámetro: 55' = 16.764m
Altura: 24' = 7.315m
Capacidad: 10,000 barriles = 420,000 galones
Altura segura de llenado: 23'
Techo con declive: ¾ : 12
Fondo con declive: 1 : 50

Material:

Fondo: Lámina de ¼" de espesor
Cuerpo: Lámina de ¼" de espesor
Techo: Lámina de 3/16" de espesor

Estructura:

Toda la estructura del tanque está construida de acuerdo con las recomendaciones de la API.

Accesorios:

Escalera con pasamanos en espiral, indicador de nivel de flotador, salida de ventilación de 6" en el techo con cedazo.

4.1.2. Tanque de bunker C. Construido por CONMETAL, S.A.

Características:

Tanque de techo fijo cónico

Diámetro: 70' = 21.511m

Altura: 48' = 14.63m

Capacidad: 33,000 barriles = 1,386,000 galones

Material:

Fondo: Lámina de ¼" de espesor

Cuerpo: Lámina de ½", 3/8", 5/16", ¼" de espesor (la lámina gruesa es para la parte baja, y va decreciendo su grosor conforme la altura del tanque cada 2.438m)

Techo: Lámina de 3/16" de espesor

Accesorios:

Escalera con pasamanos en espiral, indicador de nivel de flotador, sistema contra incendios en el interior del tanque, salida de ventilación de 16" en el techo con cedazo.

4.1.3. Tanque de petróleo crudo. Construido por Transformadora Industrial Pittsburg Des-Mones y Cía., S.A. (TIPIC, S.A.)

Características:

Tanque de techo flotante interno, techo fijo cónico exterior

Diámetro: 14.34m

Altura: 12.58m

Capacidad: 10,000 barriles = 420,000 galones, (Capacidad real aproximada de 7,500 barriles)

Material:

Acero templado

Estructura:

Diseñada bajo el código API 650, apéndice H

Accesorios:

Escalera con pasamanos en espiral, indicador de nivel de flotador, calentador eléctrico de 200kw, salida de ventilación de 24" en el techo fijo y conchas de ventilación laterales en la parte superior. Se pueden observar más detalles en la figura 29.

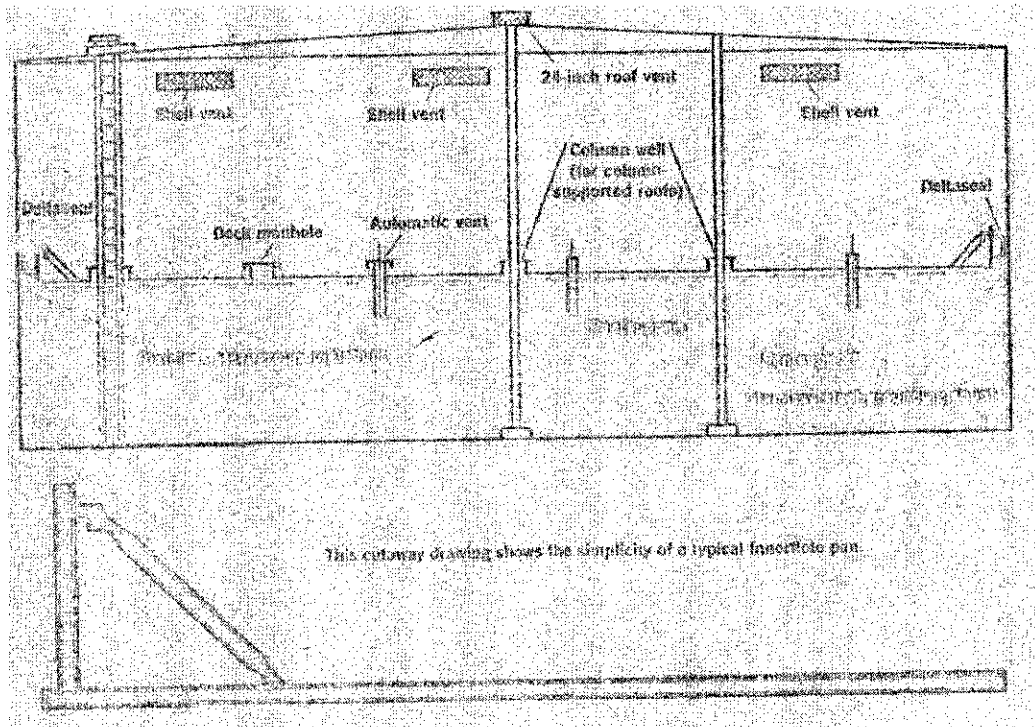


Figura 29. Tanque de techo flotante, planta San Miguel

4.1.4. Indicador de nivel de flotador. Para poder tener control sobre la cantidad de combustible almacenado en los tres tanques de combustible en la planta San Miguel, se utiliza un indicador de nivel de flotador en cada tanque. El material del elemento flotante es espuma de fibra de vidrio.

La manera en que opera es sencilla. A medida que el flote es elevado por el líquido dentro del tanque el indicador en el medidor desciende indicando el nivel de líquido dentro del tanque en el indicador visual, exterior al tanque. Cuando el tanque está lleno, se puede observar que el medidor está hasta abajo, y cuando está vacío el tanque, el medidor se encuentra hasta arriba. En la figura 30 se puede observar el esquema de este tipo de indicador.

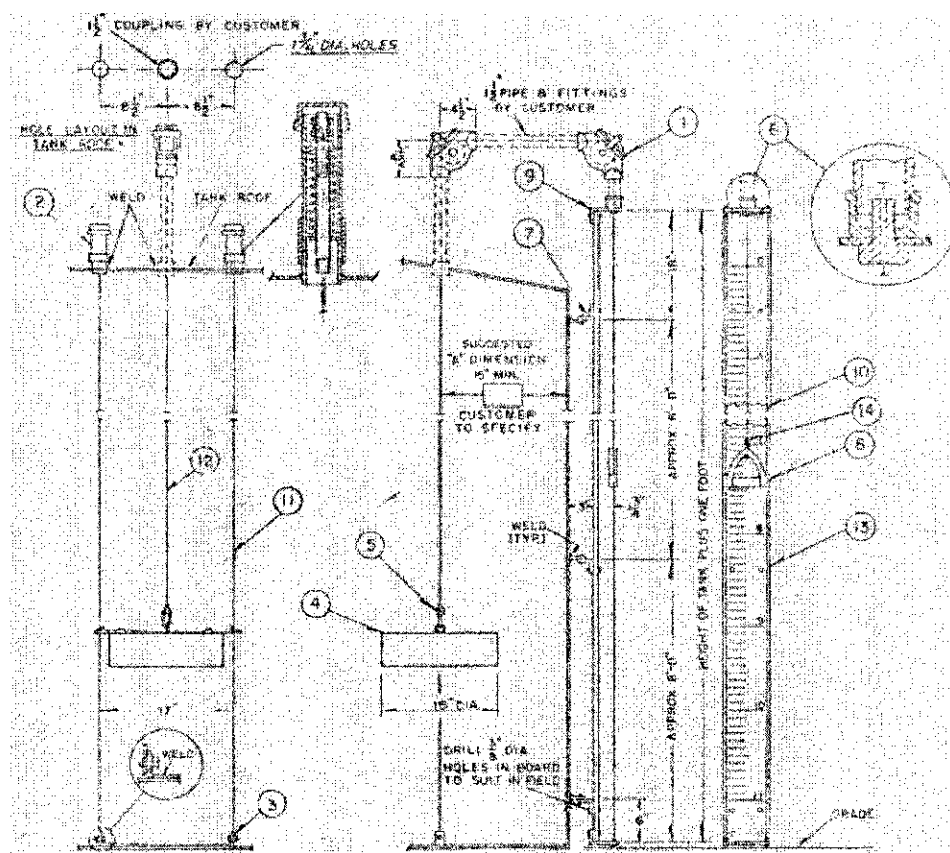


Figura 30. Indicador de nivel de flotador

4.2. Filtros

Los filtros tienen como función, limpiar impurezas y partículas del combustible antes de ingresar a los impulsores de las bombas. Esto se debe a que las partículas pueden ocasionar daños en el impulsor. Constan de un housing del filtro hecho de acero, canasta filtrante o malla que pueden ser de hierro fundido o bronce, y el sello de la tapadera. También, el adecuado mantenimiento de los mismos evita la caída de presión del sistema de bombeo. En planta San Miguel se utilizan los filtros de cepillo, los filtros dobles e individuales.

4.2.1. Filtros de cepillo. En planta San Miguel se cuenta con dos filtros de cepillo, marca Poutet Filtration. El nombre de cepillo se debe a que en su interior hay un cepillo el cual se puede girar, y de esa manera limpiar el filtro, sin necesidad de destapar por completo el filtro. Las partículas cepilladas se depositan en la parte inferior para después drenarlas por medio de una válvula. La presión y temperatura máxima de estos filtros es de 10 bars y 70 °C. Esta limpieza se hace periódicamente, dependiendo de la caída de presión ocasionada por el mismo.

4.2.2. Filtros doble. Los filtros doble tienen la capacidad de cambiar entre dos filtros que operan en paralelo por un medio de un cambio de doble etapa. En términos sencillos, son dos filtros unidos, y que tiene la facilidad de usar uno o el otro. Los filtros están diseñados para soportar con un factor de seguridad apropiado de rangos de presión. Estos filtros se utilizan en casos donde los elementos contaminantes del filtro tienen que ser regenerados sin interrumpir el proceso de filtración.

En planta San Miguel se cuenta con cuatro de este tipo de filtro. Dos de ellos son marca Boll & Kirch, los cuales están instalados en el sistema de bombeo del petróleo crudo (Figura 31). Tiene la característica que se tiene uno instalado antes (baja presión) y después de la bomba (alta presión), lo cual mejora la calidad del filtrado. En las tablas 12 y 13 se muestra las características de éstos filtros.

Presión máx. de trabajo	10 bar
Temperatura máx. de trabajo	80 °C

Tabla 12. Filtro de baja presión

Presión máx. de trabajo	40 bar
Temperatura máx. de trabajo	80 °C
Volumen	2 x 11 dm ³

Tabla 13. Filtro de alta presión

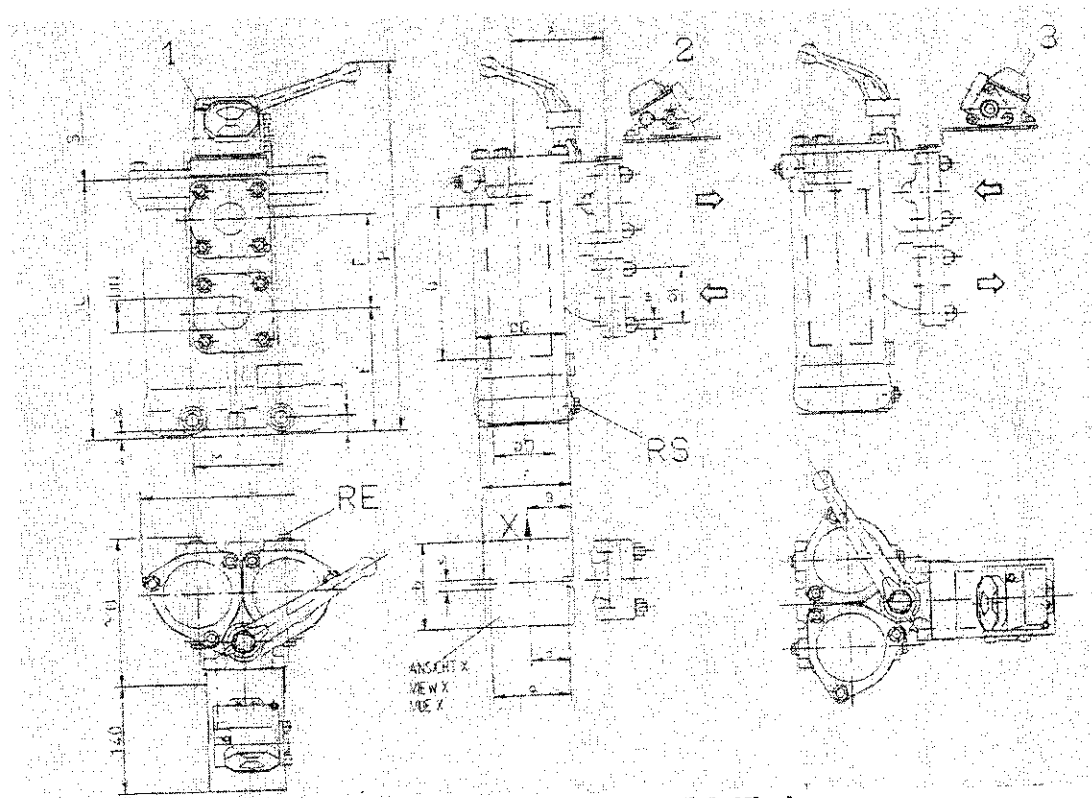


Figura 31. Filtro doble, Boll & Kirch

El otro filtro es de marca Kraissl Duplex Separator, como se muestra en la figura 32. Este tipo de filtro tiene la peculiaridad de contar con elemento-doble de canasta (Figura 33). Lo cual provee un mejor filtrado en un mismo separador.

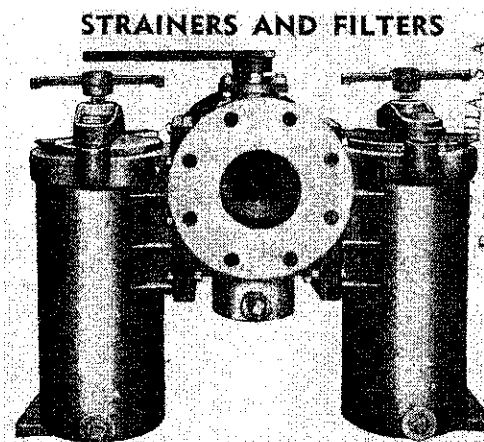


Figura 32. Filtro doble, Kraissl Duplex Separator

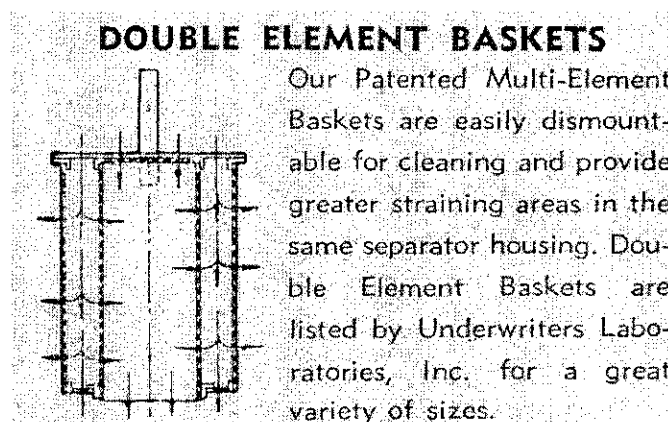


Figura 33. Elemento-doble de canasta

4.2.3. Filtros individuales. Es la versión simple de los filtros dobles, los cuales constan de una sola unidad de filtrado. En planta San Miguel se cuenta con seis filtros de este tipo. Para obtener la misma función de proceso continuo, se instalan dos filtros por cada equipo de bomba, de esa manera puede ser utilizado uno o el otro.

4.2.4. Mantenimiento de filtros. El mantenimiento en los filtros es primordial en un sistema de combustible. Ya que debido a filtros sucios, el resultado es una caída de presión en todo el sistema de bombeo. Para evitar estos inconvenientes se le debe dar un mantenimiento correcto y periódico a cada filtro.

Los filtros constan de un housing y una canasta filtrante (Figura 34). El proceso de mantenimiento es sencillo. Primero se drena el filtro por medio de la válvula de drenaje que éste tiene. De esa manera, se puede remover la canasta, y se sacude la canasta para remover las partículas mayores. Puede limpiarse con un agente limpiador, y puede aplicarse aire comprimido con mucho cuidado desde adentro o desde afuera de la canasta. Para la suciedad adherida se puede utilizar un cepillo suave, el cual no debe dañar la malla.

De esta manera, se previene la caída de presión en el sistema y se obtiene una operación óptima de filtrado de partículas.

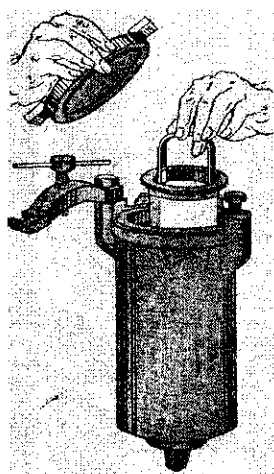


Figura 34. Mantenimiento de filtros

4.3. Sistema de bombeo

En la planta San Miguel se utilizan primordialmente bombas de desplazamiento positivo, rotatorias con rotor de tornillo (como ya se mencionó en el capítulo 3.3., titulado Equipo de bombeo). Cada combustible tiene su propio sistema de bombeo. Se cuenta con equipo de bombeo para los hornos de clinker, tanque de almacenamiento de las plantas MAK y de la planta de cal. A continuación se citará las características de las distintas bombas.

4.3.1. Bombas de aceite quemado. Este equipo se utiliza para bombear aceite quemado a los quemadores auxiliares de los hornos 1, 2 y 3. Se cuenta con dos bombas de impulsor de tornillo, marca PCM (Figura 35). Según la clasificación vista en la sección 3.3., es una bomba de simple rotor fuera de tiempo, finalización-simple (una entrada y una salida). En la tabla 14 se muestra las condiciones de operación de dichas bombas, tanto para el aceite quemado como para la bomba.

Producto	
Producto bombeado	aceite quemado
Viscosidad (cPo)	20 cSt
Gravedad específica	1 kg/dm ³
Tamaños de partículas	1 mm max
Temperatura	60 °C max

Tabla 14. Condiciones de operación, bombas de aceite quemado

Instalación	
Presión de descarga	10 bars
Capacidad	15 a 80 l/min (0.9 a 4.8 m ³ /h)
Uso (horas/día)	Continuo
Otros	41 a 179 rpm

Cont. Tabla 14. Condiciones de operación, bombas de aceite quemado

El cuerpo de la bomba está fabricado de hierro fundido y el eje del rotor impulsor está fabricado de acero endurecido. Cada bomba cuenta con un motor marca Leroy Somer, de 4kw y 1750 rpm.

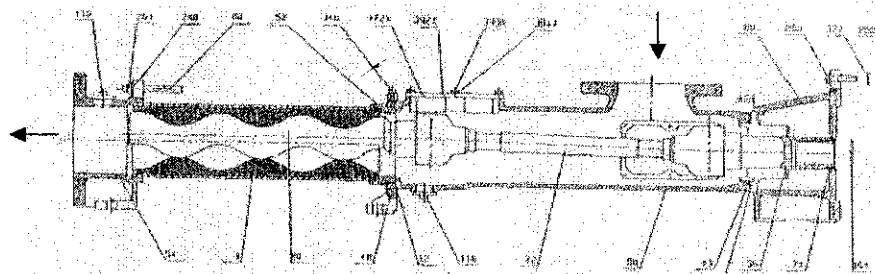


Figura 35. Bomba de tornillo PCM

4.3.2. Bombas de bunker C. En planta San Miguel se utiliza el bunker C para los quemadores principales y auxiliares de los hornos 1, 2 y 3. A continuación se cita la descripción del equipo de bombeo para estos dispositivos.

Se cuenta con tres bombas de tornillo finalización-doble, marca Pillard, como se muestra en la figura 17, ya que como se mencionó en la sección 3.3., este arreglo se emplea cuando se requiere flujo largo o el líquido es demasiado viscoso. En la tabla 15 se describe las características de operación de dichas bombas.

Presión	40 bar
Potencia	24 kW
Caudal	310 l/min
Velocidad	1750 rpm

Tabla 15. Descripción de bombas tornillo, bunker C

El bunker C, también se usa por las plantas de generación MAK. Se cuenta con dos bombas radiales, marca Viking Pumps. Las cuales son utilizadas para bombear combustible del tanque principal, al tanque de almacenamiento de las plantas MAK, el cual es un tanque horizontal a presión atmosférica, con una capacidad de 5,285 galones = 126 barriles. Estas bombas cuentan con una válvula de alivio en la carcasa de la bomba, como se muestra la figura 36. La carcasa está fabricada de hierro fundido, el rotor y el eje de acero, y la válvula de alivio es de hierro fundido. En la tabla 16 se lista las características de dichas bombas.

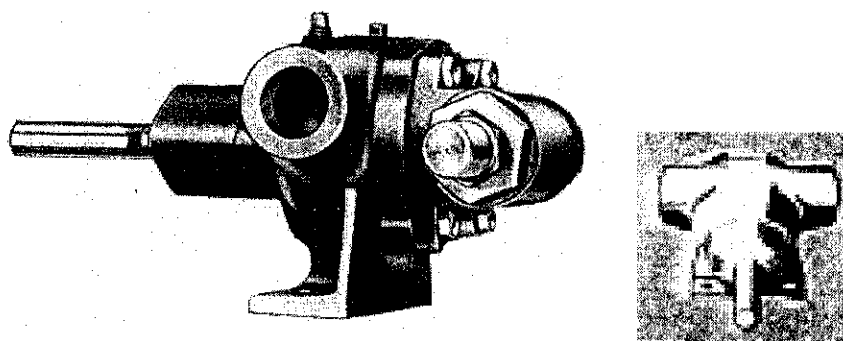


Figura 36. Bomba radial, bunker C

VALOR NOMINAL DE LA BOMBA	GPM	50
	RPM	420
HP DEL MOTOR A VELOCIDAD NOMINAL BOMBEANDO LÍQUIDO DE 100 SSU	25 PSI	1 1/2
	50 PSI	3
	100 PSI	5
TEMPERATURA MÁXIMA °F	300	

Tabla 16. Descripción de bombas radiales, bunker C

4.3.3. Bombas de petróleo crudo. El petróleo crudo se utiliza en los quemadores auxiliares de los hornos 1 y 2. Para su bombeo, se cuenta con dos bombas de tornillo marca Pillard, con arreglo de tornillo múltiple finalización-simple y fuera de tiempo, como se muestra en la figura 16. En la tabla 17 se muestra los datos de operación para cada bomba.

Caudal	111-113 l/min
RPM	1750
Viscosidad	100-200 mm ² /s
ΔP	40 bar
Potencia	9.4-10 kW

Tabla 17. Datos de operación, bomba de crudo, hornos

La planta de cal, a su vez, utiliza el petróleo crudo. Se cuenta con una bomba de tornillo marca DeLaval-Imo Pump. El crudo es bombeado desde el tanque principal de almacenamiento a un tanque horizontal de 4358 galones = 104 barriles. La bomba se muestra en la figura 37 y sus características principales se muestra en la tabla 18.

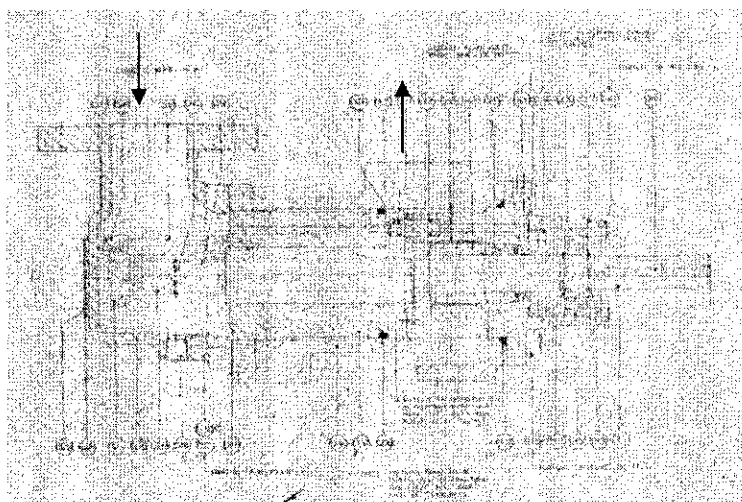


Figura 37. Bomba de tornillo, crudo

Bomba	
Temperatura del líquido, °F	60 a 110
Viscosidad, SSU	95 a 1500
Presión de descarga, psig	450
Capacidad de diseño, GPM	27
Capacidad actual, GPM	27.2
Motor	
HP	20
RPM	1750

Tabla 18. Datos de operación, bomba crudo, calera

4.4. Intercambiadores de calor

Como ya se mencionó en la sección 3.5., la aplicación de los principios de la transferencia de calor al diseño de un equipo, es de capital importancia, porque al aplicar los principios al diseño, el individuo está trabajando en la consecución del importante logro que supone el desarrollo de un producto para obtener provecho económico.

En planta San Miguel, es de esencial importancia la función que cumplen los intercambiadores de calor. Para su fácil y óptimo manejo, el combustible debe ser calentado a una temperatura de operación (aproximadamente 130° C), ya que el decrecimiento de viscosidad está relacionado con el aumento temperatura. Evitando así, combustibles viscosos, y atasco en la tubería o equipos.

A continuación, se enumeran los principales equipos de transferencia de calor utilizados en planta San Miguel.

4.4.1. Aceite térmico. Un intercambiador de calor es un dispositivo que transfiere calor entre un medio caliente y uno frío, por regla general se trata de fluidos. El fluido que se utiliza como medio caliente en todos los dispositivos de transferencia de calor en el sistema de combustible de planta San Miguel, es el aceite térmico. Y el medio frío o a calentar es el combustible.

En la planta San Miguel, se calcula que los equipos de intercambio de calor requieren 650,000 Kcal/hr de calor. Para ello, se cuenta con un calentador de aceite, marca Konus, el cual está diseñado para 800,000 Kcal/hr, supliendo la cantidad de calor necesaria por medio de los intercambiadores de calor, para elevar la temperatura de los combustibles para su óptimo manejo.

4.4.2. Intercambiador de calor para el aceite quemado. Para el calentamiento del aceite quemado, se utiliza un intercambiador de calor de carcasa y tubos de dos pasos (figura 38), marca ASET (Appareils spéciaux échangeurs de température). Los tubos tienen un largo de 3.80m (aprox.) y la carcasa un diámetro de 8in (aprox.). Por la carcasa, circula el aceite quemado. Por los tubos, circula el aceite térmico. En la tabla 19, se muestra los datos de operación de dicho intercambiador tanto para la carcasa, como para los tubos.

	Carcasa	Tubos
Presión de cálculo, bar	10	10
Temperatura de cálculo, °C	100	210
Presión de prueba, bar	15	15
Capacidad, lt	83	32
Fluido	Aceite quemado	Aceite térmico

Tabla 19. Datos de operación, intercambiador de calor, aceite quemado

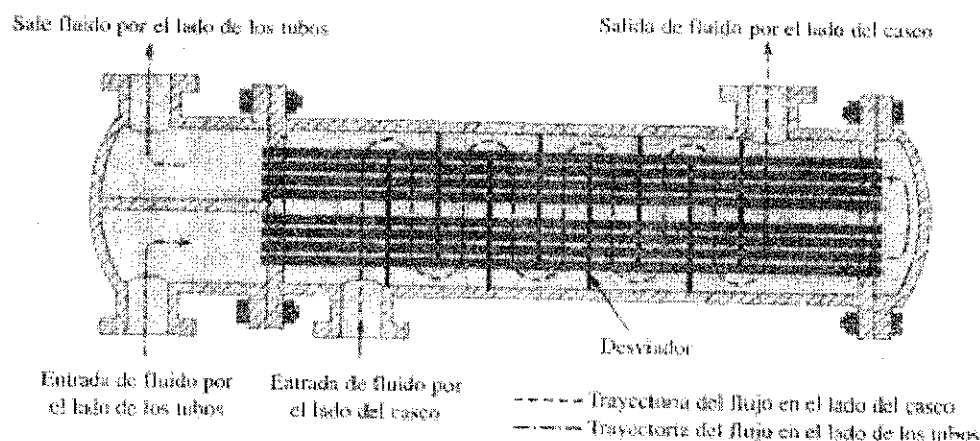


Figura 38. Intercambiador de carcasa y tubos de dos pasos

4.4.3. Intercambiador de calor para el bunker C. Para calentar el bunker, se utiliza siete intercambiadores de calor de carcasa y tubos de 2 pasos (figura 38). Los primeros cinco, son marca Bergfeld & Heider. Poseen la peculiaridad de estar los cinco conectados en paralelo. En la carcasa circula el aceite térmico, y por los tubos circula el bunker C. Los tubos tienen un largo de 2.90m (aprox.) y la carcasa un diámetro de 10in (aprox.). En la tabla 20, se muestra las características principales de éstos intercambiadores.

	Carcasa (alrededor de los tubos)	Tubos (en la carcasa)	
Contenido	109	33	litros
Presión máx. de operación de fábrica	10	41	bar
Temperatura máx. de operación de fábrica	300	200	°C
Potencia	-	96	KW
Rango de temperatura de trabajo	200/160	50/130	°C

Tabla 20. Características, intercambiador de calor, Bergfeld & Heider

Los otros dos, son intercambiadores de carcasa y tubos, marca ASET (Appareils spéciaux échangeurs de température). Estos a su vez, están conectados en paralelo. Por la carcasa, circula el aceite térmico, y por los tubos circula en bunker C. Los tubos tienen un largo de 4.50m (aprox.), mientras que la carcasa tiene un diámetro de 10in (aprox.). En la tabla 21, se muestra la temperatura y presión máxima de dicho intercambiador.

	Circuito de la carcasa	Circuito de los tubos	
Temperatura máxima de servicio	170	250	°C
Presión máxima de servicio	44	12	bar

Tabla 21. Intercambiador de calor, ASET, bunker C

4.4.4. Intercambiador de calor para el petróleo crudo. Para calentar el petróleo crudo, se utiliza un intercambiador de carcasa y tubos de dos pasos (figura 38). En la carcasa circula el aceite térmico, y por los tubos, circula el petróleo crudo. Los tubos tienen un largo de 5.50m (aprox.), mientras que la carcasa, tiene un diámetro de 8in (aprox.).

4.5. Válvulas

En planta San Miguel se utilizan diferentes tipos de válvulas. De la tabla 22, a la 25, se muestra los tipos de válvulas y el número de unidades disponibles por cada combustible. La tabla 25 muestra las válvulas de combustible general. Se le llama combustible general, ya que puede circular cualquier combustible (ej: crudo o aceite quemado) por dichas válvulas.

ACEITE QUEMADO	
TIPO DE VÁLVULA	NO. UNIDADES, PLANTA SAN MIGUEL
ALIVIO	2
BOLA	33
CHEQUE	3
COMPUERTA	9
GLOBO	5

Tabla 22. Válvulas del aceite quemado

BUNKER C	
TIPO DE VÁLVULA	NO. UNIDADES, PLANTA SAN MIGUEL
ALIVIO	9
BOLA	65
CHEQUE	32
COMPUERTA	45
GLOBO	56

Tabla 23. Válvulas del bunker C

PETRÓLEO CRUDO	
TIPO DE VÁLVULA	NO. UNIDADES, PLANTA SAN MIGUEL
ALIVIO	1
BOLA	24
CHEQUE	9
COMPUERTA	20
GLOBO	8

Tabla 24. Válvulas del petróleo crudo

COMBUSTIBLE GENERAL	
TIPO DE VÁLVULA	NO. UNIDADES, PLANTA SAN MIGUEL
ALIVIO	-
BOLA	34
CHEQUE	6
COMPUERTA	3
GLOBO	9

Tabla 25. Válvulas del combustible general

4.6. Sistema contra incendios

En planta San Miguel se cuenta con dos unidades de espuma AFFF (Aqueous Film Forming Foam) para combatir el fuego por derrames de combustible en el área de recepción y almacenaje. Cada unidad consta de lo siguiente:

- Un depósito de nitrógeno (N₂)
- Un depósito con la mezcla de agua y agente espumante
- Una manguera con 150 pies de largo y una boquilla con válvula
- El chorro de espuma tiene un alcance de 40 pies

La espuma AFFF, tiene que aplicarse a la superficie en combustión en forma continua y a una velocidad suficiente para contrarrestar los efectos de radiación del calor y cualquier interacción del combustible mismo. El sistema de espuma necesita presión para mover el agua, mezclar la solución, introducir aire y descargar la espuma al foco de incendio. La mayoría de los sistemas usan agua bajo presión como conductor.

También se cuenta con el equipo que utiliza agua para combatir el fuego. Se cuenta con tres rociadores de agua localizados en la parte superior de la fosa en la que están los tres tanques de almacenamiento, y una en la parte inferior.

Se cuenta con extintores en el área de almacenamiento, y en los quemadores principales y auxiliares de los hornos de clinker.

El tanque que se utiliza para almacenar el bunker C, cuenta con sistema contra incendios en la parte interior del tanque.

4.7. Sistema de distribución de combustible utilizado en la planta

En la planta no se tiene bien definido el tipo de sistema de distribución por diversas razones, entre ellas, ampliaciones en las áreas de proceso, equipos nuevos, falta de diseño y planificación de la red, que con el tiempo ha perdido se adecuada distribución.

4.8. Código de colores utilizado en la planta

En planta San Miguel se utiliza el código de colores que rige HOLCIM (Cementos Progreso está asociada a ésta compañía) para plantas de cemento. Es un sistema muy efectivo que identifica todos los equipos, y se utiliza conforme las especificaciones descritas a continuación y brindan una adecuada adhesión en la superficie pintada.

- **Superficies de acero sujetas a temperaturas menores de 90° C**

La superficie debe dejarse limpia de aceites, grasas, polvo, óxido y partículas foráneas.

Cuando una superficie se pinta por primera vez debe llevar dos manos de antioxidante y una de pintura final. Si se está repintando una superficie, puede aplicarse solamente una mano de antioxidante. Las pinturas se especifican de acuerdo a las fabricadas por Pinturas Fuller de Guatemala.

Antioxidante: Tipo: *Chex Rust Alkyd Primer* No. 10125037
 Color: Rojo
 Capa seca: 3.5 – 4.0 mills (dos manos) ó 1.7 – 2.0 mills (una mano)

Pintura final: Tipo: *Speedted Alkyd Enamel* serie 313-XX
 Color: Ver código
 Capa seca: 1.5 – 2.0 mills

- **Superficies de acero sujetas a temperaturas entre 90° C y 400° C**

La superficie debe dejarse limpia de aceites, grasas polvo, óxido y partículas foráneas de acuerdo a la norma SSPC – SP3 : limpia con medios mecánicos.

Debe aplicarse dos manos de pintura de acuerdo a la fabricada por *Sherwin Williams*:

Tipo: *Kem Hi - Temp* Nr. 850 Séries
 Color: Plateado No. 2
 Capa seca: 0.9 mills por mano

Si se utiliza una pintura para alta temperatura diferente a la *Sherwin Williams* debe prepararse la superficie de acuerdo a la norma SSPC – SP6: *sand blasting* a metal casi blanco.

- **Código de colores**

Actualmente se utiliza esta codificación y aplica para la pintura final de las superficies utilizando el código de colores *Speedtec* a excepción del color plateado.

Por medio de este código se obtiene en toda la planta mucha uniformidad en los colores y tonos de las pinturas como se muestra la tabla 26.

4.9. Procedimiento del mantenimiento de la red de combustible

No se cuenta con un plan de mantenimiento directo de la red de combustible, a pesar que son muchas las áreas que dependen de ello. Por otro lado, el hecho de que no se cuenta con un mantenimiento, aumenta los riesgos de fugas e incendios en toda la red de combustible, poniendo la seguridad de la planta en peligro.

COLOR	APLICACIÓN
Verde claro	Equipo que opera a temperaturas menores de 90° C y para la tubería de agua de enfriamiento de proceso (consumible). <i>Speedtec</i> código 1280-0251
Gris claro	Toivas, chifles, ductos y tubos de desempolvamiento que operan a temperaturas menores de 90° C y para silenciadores de motores, compresores o sopladores. <i>Speedtec</i> código 1250-0181
Gris estándar	North America ASA 60 Gray. Motores, paneles y gabinetes eléctricos. Por lo general traen este color de fábrica. <i>Speedtec</i> código 1016-4731
Plateado	Equipo que opera a temperaturas entre 90° y 400° C. <i>Sherwin Williams, Kem H I - Temp Nr. 850 Series, Plateado No. 2</i>
Azul fordson	Acero estructural y tubería que lleva el agua de enfriamiento a los equipos (agua fría). <i>Speedtec</i> código 4734
Azul oscuro	Reductores, sistemas de lubricación (incluyendo tubería), tanques de lubricación y para la tubería que lleva el agua de enfriamiento de los equipos al tanque de captación (agua caliente). <i>Speedtec</i> código 1220-0187
Azul claro (Celeste)	Tubería de agua potable. <i>Speedtec</i> código 1240-0036
Verde de seguridad	Colectores de polvo, cladding pintado con una banda de 1 a 2 metros, alrededor de las puertas del filtro de polvo del horno, y de los colectores con aislamiento. <i>Speedtec</i> código 1280-0252
Amarillo	Barandas y orillas de gradas, tubería de aire comprimido y tanques o depósitos para basura y desechos. <i>Speedtec</i> código 4741 amarillo medio.
Amarillo / negro	Señalización de peligro en estructuras y equipo que podrían provocar accidentes. <i>Black -Speedtec</i> código 1016-4721
Naranja	Señalización de peligro en secciones de equipos que puedan causar trierur, golpear, etc. <i>Speedtec</i> código 1260-0077
Aluminio	Superficies metálicas galvanizadas y superficies expuestas a la radiación solar. Toda la tubería y tanques pequeños de combustibles y aceite térmico. <i>Speedtec</i> código 1512
Rojo	Equipo contra incendios, extintores e hidratantes. <i>Speedtec</i> código 1270-02-03

Tabla 26. Especificación de la aplicación del código de colores

5. PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE

La propuesta de renovar el diseño de la red de combustible en planta San Miguel, busca mejorar la información acerca del mismo para el personal operativo y obtener procesos de fabricación del cemento más exactos, dando como resultado, un sistema seguro y confiable de manejo de combustibles en toda la planta.

5.1. Levantamiento de planos según el tipo de combustible y área de proceso

En planta San Miguel sólo se contaba con planos en donde lo único que se indicaba, era el diagrama de flujo, donde no se detallaba la dirección, ubicación y accesorios, ni era exacto en su línea de distribución a las áreas de proceso. Debido a esto, se diseñaron e implementaron planos según el tipo de combustibles y área de proceso, y cada plano cuenta con sus respectivos accesorios y debidamente identificados.

Para efectuar el levantamiento de planos de la red de combustible se estableció trabajar cada combustible individualmente, debido a lo extenso de la red. Además, se establecieron niveles para cada plano de combustible, debido a que se cuenta con diversos niveles por cada edificio, dependiendo de su ubicación.

El procedimiento para efectuar los planos de la red fue el siguiente:

- Impresión del plano, del área a trabajar.
- Ubicar y dibujar sobre el plano las líneas de combustible indicando dirección del flujo, largo y diámetro. Al mismo tiempo indicar los accesorios.
- Conjunto con lo anterior, se tomó nota de las descripciones de cada accesorio, mediante el formato mostrado en la tabla 27, y se le asignó su número de identificación, o sea, número de tag a cada uno.
- Impresión del plano del área a trabajar y dibujar en limpio la información tomada en campo.
- Realizar el plano anterior en Auto-Cad con la información obtenida.
- Comparación y correcciones.

Número de tag	
Nombre	
Área de la planta	
Tamaño	
Función	
Anterior	
Siguiente	
Posición normal	
Estado	
Observaciones	

Tabla 27. Formato de tag's

Después de hacer las últimas revisiones a todos los planos del sistema de combustible, se obtuvieron diez planos en total, los cuales pueden revisarse en el apéndice de esta investigación. A continuación se indica en detalle, el contenido de los mismos:

Planos del sistema de aceite quemado

1. Nivel 1, General
2. Nivel 2, Hornos 461 & 462
3. Nivel 3, Quemadores auxiliares 461 & 462
4. Nivel 3, Horno 463

Planos del sistema de bunker C

5. Nivel 1, General
6. Nivel 2, Hornos 461 & 462
7. Nivel 3, Horno 463
8. Nivel 4, Quemadores auxiliares 463 (Incluye Aceite Quemado)
9. Plantas MAK (bunker C) y Calera (crudo)

Planos del sistema de petróleo crudo

10. Nivel 1, General

Todos los accesorios se encuentran numerados (número de tag) en los planos de la red de combustibles y se pueden identificar fácilmente.

5.2. Manual general del sistema de combustible

5.2.1. Objetivo. El objetivo principal de la creación del manual del sistema de combustible es brindar la información necesaria para el correcto entendimiento de operación de los planos y las tarjetas de identificación tag's, y establecer el procedimiento de acuerdo a los libros de tag's que se encuentran en cada manual proporcionado a las diferentes áreas en la planta, como lo son: servicios generales, control central y planificación. Además se cuenta con la red de Intranet de Cementos Progreso, en la cual está toda la información del manual, para que en cualquier momento se pueda consultar por quien lo necesite dentro de la planta.

Los elementos principales del manual del sistema de combustibles son:

- Planos de la red de combustible
- TAG'S
- Libro de tag's

5.2.2. Libro de tag's. Los libros de tag's, son la base de datos con la información de cada uno de los accesorios que aparecen en los diferentes planos. Dicha información está ordenada de acuerdo al tipo de combustible y ubicación según el área de proceso. La información de éste libro de tag's es de mucha ayuda para localización, mantenimiento o reemplazo de los accesorios en cada línea de combustible, y además, provee un mejor control de los accesorios que se disponen en la planta. Como ya se mencionó anteriormente, dicho archivo también se encuentra en la red de Intranet de Cementos Progreso.

Cada accesorio tiene un número asignado de tag, éstos están ordenados por combustible, y contiene la información como se muestra en la tabla 28.

De la tabla 29 a la 32, se muestra el libro de tag's de cada combustible.

Número de tag	Número correlativo y asignado al accesorio
Nombre	Tipo de accesorio
Área de la planta	Indica el área de la planta en que se encuentra
Ubicación	Edificio y/o nivel específico al que corresponde
Tamaño	Tamaño del accesorio en pulgadas
Función	Actividad u operación que realiza
Anterior	Accesorio anterior
Siguiente	Accesorio posterior
Posición normal	Normalmente cerrada, abierta
Estado	Estado físico y funcional del accesorio
Observaciones	Información extra del accesorio

Tabla 28. Información que contiene el libro de tag's

2-261	Valvula de agua	Para el combustible principal	1-1/2	2-260	2-261	2-262	2-263	2-264	2-265	2-266	2-267	2-268	2-269	2-270	2-271	2-272	2-273	2-274	2-275	2-276	2-277	2-278	2-279	2-280	2-281	2-282	2-283	2-284	2-285	2-286	2-287	2-288	2-289	2-290	2-291	2-292	2-293	2-294	2-295	2-296	2-297	2-298	2-299	2-300	2-301	2-302	2-303	2-304	2-305	2-306	2-307	2-308	2-309	2-310	2-311	2-312	2-313	2-314	2-315	2-316	2-317	2-318	2-319	2-320	2-321	2-322	2-323	2-324	2-325	2-326	2-327	2-328	2-329	2-330	2-331	2-332	2-333	2-334	2-335	2-336	2-337	2-338	2-339	2-340	2-341	2-342	2-343	2-344	2-345	2-346	2-347	2-348	2-349	2-350	2-351	2-352	2-353	2-354	2-355	2-356	2-357	2-358	2-359	2-360	2-361	2-362	2-363	2-364	2-365	2-366	2-367	2-368	2-369	2-370	2-371	2-372	2-373	2-374	2-375	2-376	2-377	2-378	2-379	2-380	2-381	2-382	2-383	2-384	2-385	2-386	2-387	2-388	2-389	2-390	2-391	2-392	2-393	2-394	2-395	2-396	2-397	2-398	2-399	2-400	2-401	2-402	2-403	2-404	2-405	2-406	2-407	2-408	2-409	2-410	2-411	2-412	2-413	2-414	2-415	2-416	2-417	2-418	2-419	2-420	2-421	2-422	2-423	2-424	2-425	2-426	2-427	2-428	2-429	2-430	2-431	2-432	2-433	2-434	2-435	2-436	2-437	2-438	2-439	2-440	2-441	2-442	2-443	2-444	2-445	2-446	2-447	2-448	2-449	2-450	2-451	2-452	2-453	2-454	2-455	2-456	2-457	2-458	2-459	2-460	2-461	2-462	2-463	2-464	2-465	2-466	2-467	2-468	2-469	2-470	2-471	2-472	2-473	2-474	2-475	2-476	2-477	2-478	2-479	2-480	2-481	2-482	2-483	2-484	2-485	2-486	2-487	2-488	2-489	2-490	2-491	2-492	2-493	2-494	2-495	2-496	2-497	2-498	2-499	2-500	2-501	2-502	2-503	2-504	2-505	2-506	2-507	2-508	2-509	2-510	2-511	2-512	2-513	2-514	2-515	2-516	2-517	2-518	2-519	2-520	2-521	2-522	2-523	2-524	2-525	2-526	2-527	2-528	2-529	2-530	2-531	2-532	2-533	2-534	2-535	2-536	2-537	2-538	2-539	2-540	2-541	2-542	2-543	2-544	2-545	2-546	2-547	2-548	2-549	2-550	2-551	2-552	2-553	2-554	2-555	2-556	2-557	2-558	2-559	2-560	2-561	2-562	2-563	2-564	2-565	2-566	2-567	2-568	2-569	2-570	2-571	2-572	2-573	2-574	2-575	2-576	2-577	2-578	2-579	2-580	2-581	2-582	2-583	2-584	2-585	2-586	2-587	2-588	2-589	2-590	2-591	2-592	2-593	2-594	2-595	2-596	2-597	2-598	2-599	2-600	2-601	2-602	2-603	2-604	2-605	2-606	2-607	2-608	2-609	2-610	2-611	2-612	2-613	2-614	2-615	2-616	2-617	2-618	2-619	2-620	2-621	2-622	2-623	2-624	2-625	2-626	2-627	2-628	2-629	2-630	2-631	2-632	2-633	2-634	2-635	2-636	2-637	2-638	2-639	2-640	2-641	2-642	2-643	2-644	2-645	2-646	2-647	2-648	2-649	2-650	2-651	2-652	2-653	2-654	2-655	2-656	2-657	2-658	2-659	2-660	2-661	2-662	2-663	2-664	2-665	2-666	2-667	2-668	2-669	2-670	2-671	2-672	2-673	2-674	2-675	2-676	2-677	2-678	2-679	2-680	2-681	2-682	2-683	2-684	2-685	2-686	2-687	2-688	2-689	2-690	2-691	2-692	2-693	2-694	2-695	2-696	2-697	2-698	2-699	2-700	2-701	2-702	2-703	2-704	2-705	2-706	2-707	2-708	2-709	2-710	2-711	2-712	2-713	2-714	2-715	2-716	2-717	2-718	2-719	2-720	2-721	2-722	2-723	2-724	2-725	2-726	2-727	2-728	2-729	2-730	2-731	2-732	2-733	2-734	2-735	2-736	2-737	2-738	2-739	2-740	2-741	2-742	2-743	2-744	2-745	2-746	2-747	2-748	2-749	2-750	2-751	2-752	2-753	2-754	2-755	2-756	2-757	2-758	2-759	2-760	2-761	2-762	2-763	2-764	2-765	2-766	2-767	2-768	2-769	2-770	2-771	2-772	2-773	2-774	2-775	2-776	2-777	2-778	2-779	2-780	2-781	2-782	2-783	2-784	2-785	2-786	2-787	2-788	2-789	2-790	2-791	2-792	2-793	2-794	2-795	2-796	2-797	2-798	2-799	2-800	2-801	2-802	2-803	2-804	2-805	2-806	2-807	2-808	2-809	2-810	2-811	2-812	2-813	2-814	2-815	2-816	2-817	2-818	2-819	2-820	2-821	2-822	2-823	2-824	2-825	2-826	2-827	2-828	2-829	2-830	2-831	2-832	2-833	2-834	2-835	2-836	2-837	2-838	2-839	2-840	2-841	2-842	2-843	2-844	2-845	2-846	2-847	2-848	2-849	2-850	2-851	2-852	2-853	2-854	2-855	2-856	2-857	2-858	2-859	2-860	2-861	2-862	2-863	2-864	2-865	2-866	2-867	2-868	2-869	2-870	2-871	2-872	2-873	2-874	2-875	2-876	2-877	2-878	2-879	2-880	2-881	2-882	2-883	2-884	2-885	2-886	2-887	2-888	2-889	2-890	2-891	2-892	2-893	2-894	2-895	2-896	2-897	2-898	2-899	2-900	2-901	2-902	2-903	2-904	2-905	2-906	2-907	2-908	2-909	2-910	2-911	2-912	2-913	2-914	2-915	2-916	2-917	2-918	2-919	2-920	2-921	2-922	2-923	2-924	2-925	2-926	2-927	2-928	2-929	2-930	2-931	2-932	2-933	2-934	2-935	2-936	2-937	2-938	2-939	2-940	2-941	2-942	2-943	2-944	2-945	2-946	2-947	2-948	2-949	2-950	2-951	2-952	2-953	2-954	2-955	2-956	2-957	2-958	2-959	2-960	2-961	2-962	2-963	2-964	2-965	2-966	2-967	2-968	2-969	2-970	2-971	2-972	2-973	2-974	2-975	2-976	2-977	2-978	2-979	2-980	2-981	2-982	2-983	2-984	2-985	2-986	2-987	2-988	2-989	2-990	2-991	2-992	2-993	2-994	2-995	2-996	2-997	2-998	2-999	3-000
-------	-----------------	-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Cont. Tabla 30. Libro de tag's para el bunker C

5.2.3. Tarjetas de identificación (TAG'S)

5.2.3.1. Objetivo. Las tarjetas de identificación tag's, son una herramienta que ayuda a la identificación de los accesorios que se encuentran en la planta. Para ello, se numeró cada uno de los accesorios que se encuentran en el sistema de combustibles.

5.2.3.2. Codificación. Para el diseño y elaboración de los tag's se creó un sistema de codificación el cual sirve para identificar el combustible al cual pertenece el accesorio. Como ya es de nuestro conocimiento, en la planta San Miguel se utiliza el aceite quemado, bunker C, y el petróleo crudo. A cada uno de éstos combustibles se le asignó un número, siendo los siguientes:

- 1 = Aceite quemado
- 2 = Bunker C
- 3 = Petróleo crudo
- 4 = Combustible general

Se le llama combustible general, debido a que en la planta ciertos combustibles utilizan la misma línea para su flujo. En la figura 39 se muestra un ejemplo de éste tipo de codificación.

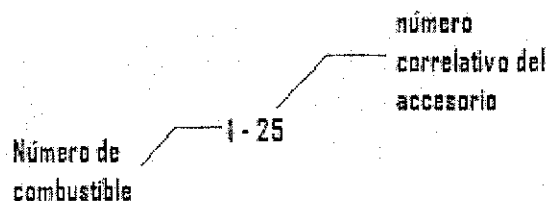


Figura 39. Codificación de combustible

Por lo tanto, cada número de tag cuenta con número de combustible, seguido del número correlativo del accesorio.

5.2.3.3. Descripción. Las tarjetas de identificación tag's fueron creadas para una correcta identificación de los accesorios en el sistema de combustibles. Se tiene la ventaja que cada tarjeta se encuentra colocada en el lugar de trabajo, esto permite facilidad de ubicación y reparación cuando así se desee.

Cada tarjeta consta del nombre del combustible y número de tag asignado. Consta de una calcomanía de vinil BRADY, resistente a interiores y exteriores, color gris, de acuerdo al código de colores utilizado en la planta para tuberías de alta temperatura. Dicha calcomanía de vinil, está sobrepuesta en una plancha de PVC, para su larga duración. En la figura 40 se muestra un ejemplo del tag utilizado para la identificación de los accesorios en la planta.

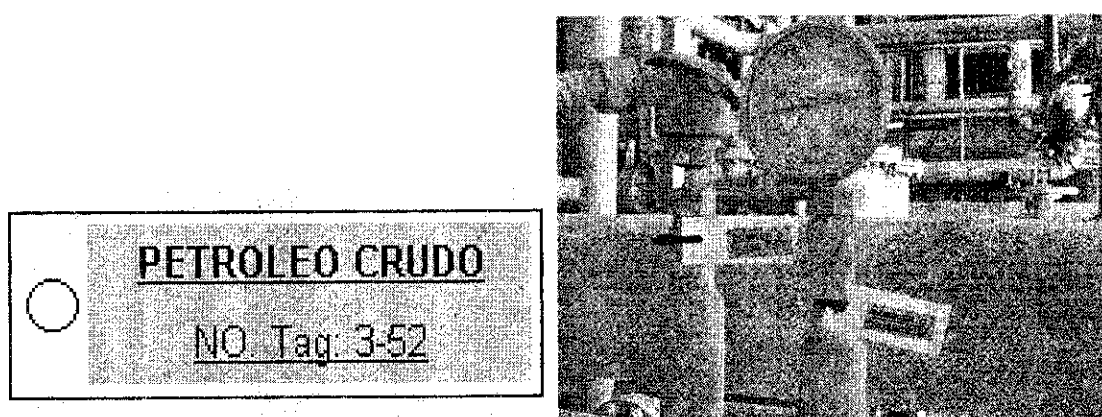


Figura 40. Diseño de las tag's colocadas en el campo

5.2.4. Capacitación para el uso del manual. La capacitación del manual del sistema de combustible es de vital importancia, y debe ser proporcionada específicamente al mecánico a cargo de la rutina de mantenimiento, al jefe de servicios generales y a las personas de control central, ya que son las personas que tienen acceso a los planos y manejo de la red de combustible.

5.3. Diseño de una línea independiente para el petróleo crudo de retorno de los quemadores auxiliares de los hornos de clinker 461 y 462, hacia el tanque principal de almacenamiento

Al realizar el levantamiento de planos junto con el manual del sistema de combustibles, se detectó un problema, el cual muestra la falta de una línea de tubería de retorno del petróleo crudo que viene de los quemadores auxiliares de los hornos de clinker 461 y 462, hacia el tanque principal de almacenamiento. A continuación se realiza una propuesta de diseño para dicho problema.

5.3.1. Objetivo. El objetivo principal de este diseño, es evitar la contaminación entre combustibles y hacer independiente la tubería de retorno del petróleo crudo desde los quemadores auxiliares de los hornos de clinker al tanque principal de almacenamiento.

En la actualidad el bunker C y el petróleo crudo utilizan la misma tubería de retorno hacia los tanques principales, ocasionando que cualquiera de estos tanques reciba dicha mezcla de combustible, dando como resultado, contaminación, y pérdidas de propiedades físicas y químicas en ambos combustibles, perjudicando de ésta manera el proceso de fabricación del cemento.

5.3.2. Datos del diseño. En la figura 41 se puede ver un esquema del diseño a realizarse. Llamaremos el punto 1, a los quemadores auxiliares de los hornos de clinker, y como punto dos, el tanque de almacenamiento de crudo.

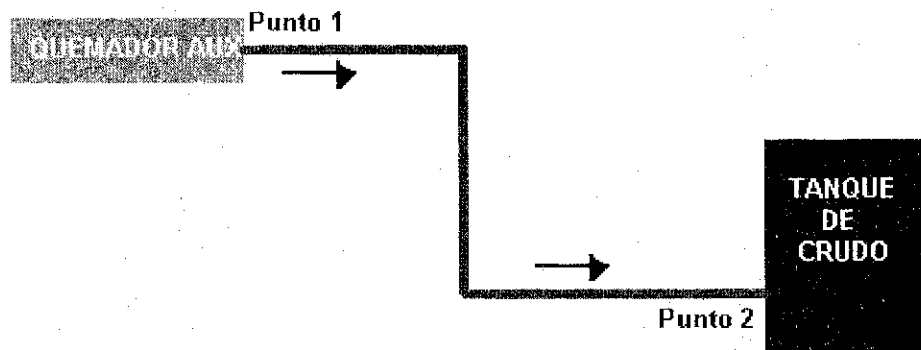


Figura 41. Esquema de tubería de retorno

Se desea transportar petróleo crudo desde el punto 1, al punto 2. A continuación se da el detalle de los datos requeridos para el diseño.

- **Propiedades del petróleo crudo**

El petróleo crudo que se transporta de 1 a 2, se encuentra a una temperatura de 70° C. De la figura 42 y 43, podemos obtener la viscosidad dinámica (μ) y cinemática (ν) a la temperatura de diseño, dando como resultado:

$$\begin{aligned}\mu &= 7 \times 10^{-5} \text{ lb-s/ft}^2 \\ \nu &= 4.5 \times 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{seg}\end{aligned}$$

Para obtener la densidad a la temperatura de diseño, se utiliza la siguiente fórmula, la cual relaciona la viscosidad dinámica y cinemática, resultando:

$$\rho = \frac{\mu}{\nu} = \frac{7 \times 10^{-5}}{4.5 \times 10^{-5}} = 1.556 \frac{\text{slug}}{\text{pie}^3} = 801.929 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

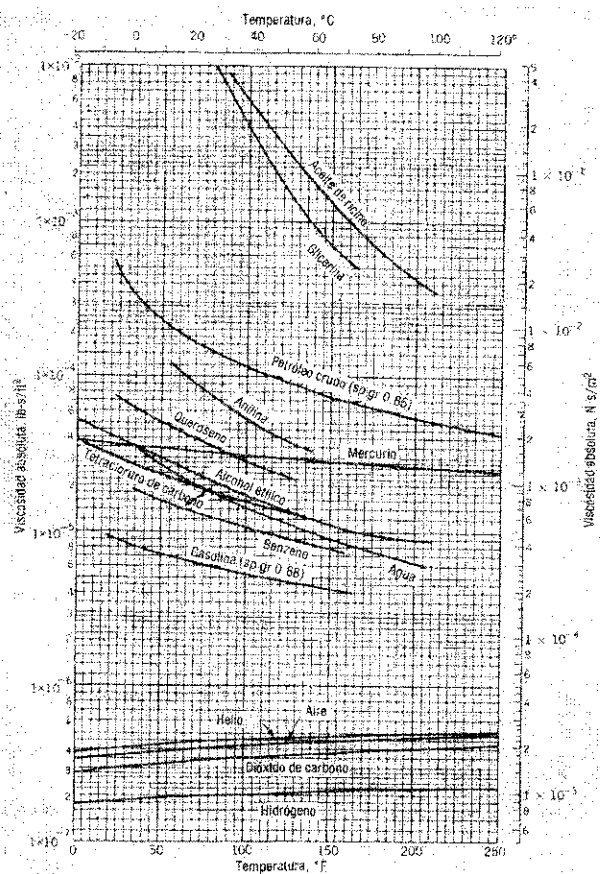


Figura 42. Viscosidades absolutas (dinámicas) para ciertos gases y líquidos

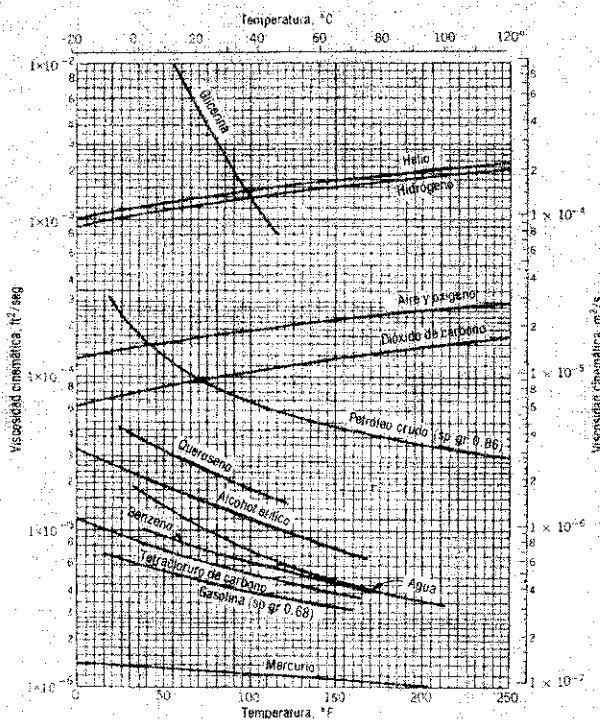


Figura 43. Viscosidades cinemáticas para ciertos gases y líquidos

- **Tubería**

Se propone utilizar tubería de acero al carbono, la cual soporta temperaturas hasta 850° F (ver sección 3.4.1). Teniendo una rugosidad equivalente de $\epsilon=0.045 \times 10^{-3}$ mt.

Se tiene el largo de tubería necesario desde el punto 1 al 2, ya que la tubería de combustible en planta San Miguel tiene trayectorias definidas para su instalación. El largo total necesario para éste diseño es de 292mt.

- **Caudal requerido**

Cada quemador auxiliar requiere un caudal diferente de combustible. Para el horno 461 de se requiere un flujo másico de 15 kg/min, y para el horno 462 de 20 kg/min. Para nuestro diseño se utilizara el promedio de ambos, siendo un flujo másico de 17.5 kg/min. Al convertir éste flujo másico en caudal da como resultado $Q= 3.637 \times 10^{-4}$ m³/seg.

- **Accesorios**

En la tabla 33 se muestra el tipo de accesorios propuesto y la cantidad de cada uno de ellos. Se propone utilizar válvulas de bola, las cuales permiten la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto. Otra razón es debido a que éste tipo de válvula posee un coeficiente de pérdida menor al de otras válvulas. El tamaño de los accesorios lo determinará el diámetro que se calculará a continuación. Para la ubicación de cada accesorio, se puede observar el plano del diseño en el apéndice de ésta investigación.

Accesorios	
Válvula de bola	3
Válvula de cheque	3
Tee	1
Codos 90	25
Codos 45	7

Tabla 33. Accesorios para diseño de tubería de retorno

5.3.3. Cálculo del diámetro de tubería. Para nuestro cálculo se utilizará la ecuación de energía para flujo entre dos ubicaciones como se muestra la ecuación 1. Como ya se mencionó en la sección anterior, el punto 1 son los quemadores auxiliares, y el punto 2, el tanque principal de almacenamiento.

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2}{2g} + z_2 + h \quad (1)$$

Donde:

P = presión (pascal)
 V = velocidad (m/s)
 g = gravedad (m/s²)

z = altura (m)
 h = pérdidas (m)
 γ = peso específico (N/m³)

Como se puede notar, la ecuación 1 muestra un término h , el cual significa que se tomará en cuenta las pérdidas por largo de tubería (pérdidas mayores, h_L), y pérdidas por accesorios (pérdidas menores, h_f), como se puede observar en la ecuación 2.

$$h = h_L + \sum h_f = f \frac{l V^2}{D 2g} + \sum K_L \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

Donde:

f = factor de fricción (adimensional)
 l = longitud de tubería (m)
 D = diámetro de tubería (m)
 V = velocidad (m/s)
 g = gravedad (m/s²)
 K_L = coeficiente de pérdida de accesorios (adimensional)

De la ecuación (1) se anulan las velocidades ya que el diámetro no cambia en toda la línea de tubería. La altura del punto 1 es de 801m y la del punto 2 es 768.04m. La presión de trabajo en el punto 1 es 120psi = 827.37Kpa. La presión máxima en el punto 2, será al estar totalmente lleno el tanque de almacenamiento (temperatura de 30° C), siendo:

$$P_2 = \rho gh = 966.335 \times 9.81 \times 12.58 = 119.255 \text{ kPa}$$

De la tabla 34, se pueden obtener los coeficientes de pérdida para cada componente de tubería. La tabla 35, muestra los coeficientes para cada accesorio del diseño.

Coefficientes de pérdida para componentes de tuberías $\left(h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \right)$


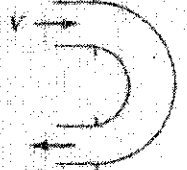
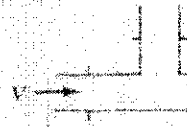
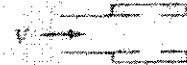

Componente	K_L	
a. Tubos acodados		
Regular de 90°, embridado	0.3	
Regular de 90°, roscado	1.5	
De 90° con gran radio, embridado	0.2	
De 90° con gran radio, roscado	0.7	
De 45° con gran radio, embridado	0.2	
Regular de 45°, roscado	0.4	
b. Codos de 180°		
Codo de 180°, embridado	0.2	
Codo de 180°, roscado	1.5	
c. Conexiones en T		
Flujo de línea, embridado	0.2	
Flujo de línea, roscado	0.9	
Flujo derivado, embridado	1.0	
Flujo derivado, roscado	2.0	
d. Unión, roscada		
	0.08	
*e. Válvulas		
Esférica, totalmente abierta	10	
Angular, totalmente abierta	2	
De compuerta, totalmente abierta	0.15	
De compuerta, 1/4 cerrada	0.26	
De compuerta, 1/2 cerrada	2.1	
De compuerta, 3/4 cerrada	17	
De retención a bisagra, flujo hacia adelante	2	
De retención a bisagra, flujo hacia atrás	∞	
De bola, totalmente abierta	0.05	
De bola, 1/3 cerrada	5.5	
De bola, 2/3 cerrada	210	

Tabla 34. Coeficientes de pérdida para cada componente de tubería

Accesorio	Unidades	K_L	Unidades* K_L
Válvula de bola	3	0.05	0.15
Válvula de cheque	3	2	6
Tee (flujo derivado, embridado)	1	1	1
Codo 90 (regular, embridado)	25	0.3	7.5
Codo 45	7	0.2	1.4
			16.05
			ΣK_L

Tabla 35. Coeficiente de pérdida para el diseño

Sustituyendo la ecuación 2 en 1, y reordenando, se obtiene la ecuación 3:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} - \frac{P_2}{\gamma_2} + z_1 - z_2 = h = \frac{V^2}{2g} \left(\sum K_L + f \frac{L}{D} \right) \quad (3)$$

donde:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 3.637 \times 10^{-4}}{\pi D^2} = \frac{4.63 \times 10^{-4}}{D^2} \quad (4)$$

es la velocidad dentro de la tubería.

Sustituyendo todos los datos conocidos en 3 y, sustituyendo 4 en 3, se obtiene la ecuación 5 en términos del diámetro y el factor de fricción:

$$2463.30 = \frac{2.1463 \times 10^{-7}}{D^4} \left(16.05 + f \frac{292}{D} \right) \quad (5)$$

Para determinar D es necesario conocer f , que es función del número de Reynolds (Re) y ϵ/D , donde:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{190.2}{D} \quad (6)$$

En lugar de utilizar en diagrama de Moody se utilizará la siguiente fórmula explícita para calcular f .

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7D} \right) + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right]^2} \quad (7)$$

Se tiene tres ecuaciones (ecuaciones 5, 6 y 7) para las tres incógnitas D , Re y f .

Para realizar el cálculo del diámetro del diseño, se ingresó un diámetro imaginario para la primera iteración, en éste caso se supuso un diámetro de 0.02mt, dando como resultado un diámetro real. Se realizaron varias iteraciones hasta que el valor de entrada fue igual al valor de

salida, en éste caso, la variable más importante es el diámetro de la tubería. En la tabla 36 se muestra las iteraciones realizadas para llegar al resultado final.

No. Iteración	No. ecuación	6	7	5
	D entrada	Re	f	D salida
1	0.02	5460	0.02417	0.01447
2	0.01447	7546	0.02643	0.01472
3	0.01472	7418	0.02630	0.01471
4	0.01471	7423	0.02631	0.01471

Tabla 36. Iteraciones para cálculo del diámetro

De la tabla 36, se puede observar que el diámetro resultante es 0.01471mt = 0.579pulg, que aproximando éste valor da como resultado, $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro para la tubería de diseño para el flujo de petróleo crudo desde los quemadores auxiliares de los hornos 461 y 462, hasta el tanque principal de almacenamiento. Los accesorios incluidos (sección 5.3.2. Datos del diseño), también deben de ser de ésta medida anteriormente calculada.

5.3.4. Cédula de tubería. Como ya se citó en la sección 3.4.1., Clasificación de tuberías, el número de cédula indica el espesor de la pared de la tubería y los clasifican desde cédula 10 hasta 160. En la tabla 2 podemos observar con más detalle ésta clasificación.

Para calcular el número de cédula se utiliza la siguiente ecuación:

$$No.Cédula = \frac{1000P}{S}$$

Donde:

P = presión de trabajo (psi)

S = esfuerzo admisible (psi)

Material	Specifications and grade	Maximum S for given temperatures, psi					
		-20-650 F	800 F	900 F	1000 F	1100 F	
Electric-resistance welded steel	A53, A135; A	10,200	7,650	4,250			
	A53, A135; B	12,750	9,200	4,250			
Electric-fusion welded steel	A155, A285; A	10,100	7,500				
	A155, A285; B	11,250	8,450				
Seamless carbon steel	A53, A106; A	12,000	9,000	5,000	1,500		
	A53, A106; B	15,000	10,800	5,000	1,500		
Seamless alloy steel:							
	1% Cr, $\frac{1}{2}$ % Mo	A335, P13	15,000	14,750	13,100	7,500	2,800
	1 $\frac{1}{2}$ % Cr, $\frac{1}{2}$ % Mo	A335, P11	15,000	15,000	13,100	7,800	4,000
	3% Cr, 1% Mo	A335, P21	15,000	13,000	12,000	7,000	4,000
18% Cr, 8% Ni	A312, Tp317		16,750	16,000	14,000	10,400	

* Adapted from ASA B31.1-1953 and ASME 1956 Power Boiler Code.

Tabla 37. Valores de esfuerzo admisible S para tuberías

El esfuerzo admisible depende exclusivamente del material de la tubería, para lo cual, el esfuerzo admisible del acero al carbono es de 10,800 psi tomado de la tabla 37, y la presión de trabajo para ésta tubería en planta San Miguel es de 120 psi.

Aplicando la fórmula se tiene:

$$No.Cédula = \frac{1000(120)}{10,800} = 11 \cong 20$$

Como se puede observar en la fórmula anterior, el número de cédula se aproximó a 20 debido a que es el valor más cercano al obtenido. Como se estableció que el diámetro de tubería utilizada es de $\frac{3}{4}$ de pulgada para nuestro diseño, y para diámetros según la tabla 2, solo existen cédulas 40, 80 y 160. Se elige el número de cedula 40, por ser el más próximo.

Por ser tubería de acero al carbono, se debe utilizar tubería de clase 150, según la tabla 4, rango de clases de tubería basada en ASME B16.5 y su correspondiente PN (presión nominal) que según dicha tabla es de 20 bar = 290 psi. Lo cual es suficiente para la presión necesaria en ésta línea de tubería de retorno en planta San Miguel, que es de 120 psi.

5.3.5. Plano del diseño. El plano del diseño se encuentra en el apéndice de esta investigación.

5.3.6. Aislante térmico y heat tracing. Para obtener una temperatura constante a través de toda la tubería de retorno de petróleo crudo es necesario colocar aislante térmico, y utilizar heat tracing en la línea.

Para nuestro cálculo se utiliza fibra de vidrio como agente aislante ya que es el más comercial y es utilizado en la planta San Miguel en otras aplicaciones similares. Se calcula la pérdida de calor para un espesor de 1, 2, 3 y 4 pulgadas de aislante para el diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada de la tubería de diseño. El largo de la tubería es de 292mt. Se supone la temperatura exterior de la tubería igual a la del fluido que es de 70° C. La temperatura ambiente máxima para el departamento de El Progreso es de 37.1° C y una mínima de 20.3° C.

La conductividad térmica para la fibra de vidrio se puede obtener de la tabla 38, tomando un valor promedio para la manta de fibra de vidrio para envolver, la conductividad térmica es $k=0.05W/m^{\circ} C$. El coeficiente de transferencia de calor por convección se supone de $h=30 W/m^2^{\circ} C$.

Tipo	Intervalo de temperatura, °C	Conductividad térmica, mW/m·°C	Densidad, kg/m ³	Aplicación
1. Superajuntante al asfalto de Lince	240-1.160	0,0015-0,72	Variable	Muebles
2. Espumas de uretano	180-180	16-20	25-48	Tuberías frías y calientes
3. Espumas de acetato	170-110	16-20	32	Depósitos
4. Bloques de vidrio celular	200-200	29-108	110-150	Depósitos y tuberías
5. Manta de fibra de vidrio para estiver	80-290	22-78	10-50	Tuberías y acondicionamiento de tuberías
6. Mantas de fibra de vidrio	170-230	25-86	10-50	Depósitos y equipamiento
7. Coquillas preformadas de fibra de vidrio	50-230	33-55	10-50	Estructuras de tuberías
8. Láminas de clastoquero	40-100	36-59	30-100	Depósitos
9. Placas de fibra de vidrio	60-370	30-55	10-50	Tuberías y acondicionamiento de tuberías
10. Coquillas preformadas de basalto	20-160	36-59	70-100	Tuberías y acondicionamiento
11. Manta de fibra de vidrio con lánitas impermeables al vapor	5-76	29-45	10-33	Líneas de refrigeración
12. Cascas de fibra de vidrio sin lánitas impermeables al vapor	hasta 250	29-45	24-48	Calductos
13. Planchas de fibra de vidrio	20-450	33-52	25-100	Calderas, depósitos, cambiadores de calor
14. Bloques y planchas de vidrio celular	20-500	29-108	110-150	Calductos
15. Bloques y planchas de espuma de uretano	100-150	16-20	25-65	Tuberías
16. Coquillas preformadas de fibra mineral	hasta 650	35-91	125-160	Calductos
17. Mantas de fibra mineral	hasta 750	37-81	125	Calductos
18. Bloques de lana mineral	450-1.000	52-150	175-290	Calductos
19. Planchas y bloques de silicato cálcico	230-1.000	32-85	100-160	Calductos, calderas, forros de chimeneas
20. Bloques de fibra mineral	hasta 1.000	52-150	210	Calderas y depósitos

Tabla 38. Tipos de aislantes y aplicaciones

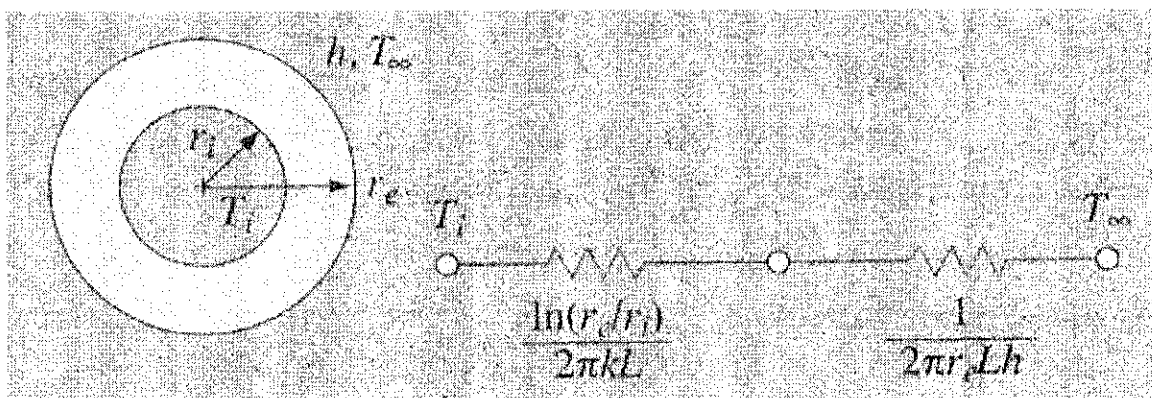


Figura 44. Analogía de la resistencia para un tubo y aislante con contorno convectivo

Para calcular la pérdida de calor en función del espesor del aislante se utiliza la siguiente fórmula en base a la figura 44:

$$q = \frac{2\pi L(T_i - T_\infty)}{\frac{\ln(r_e/r_i)}{k} + \frac{1}{r_e h}}$$

donde

q = pérdida de calor (W)

k = conductividad térmica (W/m⁰ C)

h = coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m²⁰ C)

L = largo de tubería (m)

T_i = temperatura de tubería (° C)

T_∞ = temperatura ambiente (° C)

r_i = radio a tubería (m)

r_e = radio al aislante (m)

La pérdida de calor para una temperatura ambiente de 37.1° C se muestra en la tabla 39:

espesor aislante (pulg)	r_i (m)	r_e (m)	q (W)	q(kcal/h)
1	0.00952	0.03492	2239.92	1925.98
2	0.00952	0.06032	1610.58	1384.84
3	0.00952	0.08572	1361.24	1170.45
4	0.00952	0.11112	1220.79	1049.69

Tabla 39. Pérdida de calor en función del espesor del aislante (37.1° C)

Y la pérdida de calor para una temperatura ambiente de 20.3° C se muestra en la tabla 40:

espesor aislante (pulg)	r_i (m)	r_e (m)	q (W)	q(kcal/h)
1	0.00952	0.03492	3383.72	2909.47
2	0.00952	0.06032	2433.00	2092.00
3	0.00952	0.08572	2056.35	1768.14
4	0.00952	0.11112	1844.17	1585.70

Tabla 40. Pérdida de calor en función del espesor del aislante (20.3° C)

Los datos obtenidos anteriormente en la tabla 39 y 40 es la cantidad de calor perdido al ambiente en función de espesor del aislante. Es necesario instalar heat tracing para la aplicación de calor continua para reemplazar el calor perdido al ambiente (3.5.2. Heat-tracing para sistema de tuberías).

En planta San Miguel se utiliza el aceite térmico como medio caliente en los distintos intercambiadores de calor. Cuenta con un calentador de aceite el cual está diseñado para 800,000 Kcal/h, del cual solo se utiliza 650,000 Kcal/h. Por lo tanto, para cualquier espesor de aislante, dicho calentador está diseñado para poder reemplazar el calor perdido de la línea de retorno de petróleo crudo colocando heat tracing a lo largo de toda la tubería. De esta manera se obtiene un fluido con propiedades estables a lo largo de la tubería, desde el quemador auxiliar hasta el tanque principal de almacenamiento.

5.4. Cálculo de la pérdida de presión de la línea del tanque principal de petróleo crudo hacia el tanque de almacenamiento de la calera

5.4.1. Objetivo. El objetivo principal de calcular la caída de presión que se origina en la línea del tanque principal hacia el tanque de la calera, es debido a que no se cuenta con dispositivos de medición de presión a lo largo de dicha tubería. El siguiente cálculo provee datos reales de la caída de presión en ésta línea.

5.4.2. Datos. Como se citó en la sección 4.3.3 Bombas de petróleo crudo, la bomba utilizada para el crudo (ver figura 37) tiene un caudal de diseño de 1620 gal/hora. Mientras que el caudal real de trabajo es de 1513.3 gal/hora = 1.5912×10^{-3} m³/seg. Para nuestro cálculo se utiliza el caudal real.

Los diámetros que se utilizan en ésta línea son de 2 y 2 ½ pulgadas. Se realizó una sumatoria de todo el largo de tubería utilizada. Así mismo, se realizó un conteo del tipo y cantidad de accesorios y válvulas utilizadas en dicha línea. En la tabla 41 y 42 se muestra los totales anteriormente mencionados. La tubería es de acero al carbono, la cual tiene una rugosidad equivalente de $\epsilon = 0.045 \times 10^{-3}$ mt.

diámetro (pulg)	2	2 1/2
largo (mt)	46.28	249.2
largo (ft)	151.837	817.585

Tabla 41. Largo de tubería total, línea a calera

Accesorios y válvulas	medida (pulg)		No. Unidades
	2	2 1/2	
codo 90	5	5	
codo 45	1	3	
tee	5	-	
válvula de bola	1	-	
válvula de compuerta	2	2	
válvula de cheque	1	-	

Tabla 42. Accesorios y válvulas totales, línea a calera

5.4.3. Cálculos. El petróleo crudo que se transporta, se encuentra a una temperatura de 70° C. De la figura 42 y 43, podemos obtener la viscosidad dinámica (μ) y cinemática (ν) a la temperatura de diseño, dando como resultado:

$$\mu = 8 \times 10^{-5} \text{ lb-s/ft}^2$$

$$\nu = 5 \times 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{seg}$$

Para obtener la densidad a la temperatura de diseño, se utiliza la siguiente fórmula, la cual relaciona la viscosidad dinámica y cinemática, resultando:

$$\rho = \frac{\mu}{\nu} = \frac{8 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-5}} = 1.6 \frac{\text{slug}}{\text{pie}^3} = 824.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Se realiza los cálculos primero para el diámetro de 2 pulgadas. La velocidad del fluido para este diámetro es:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 31.5912^{-3}}{\pi * 0.0508^2} = 0.785 \text{ m/s}$$

Con esta velocidad se procede a calcular el número de Reynolds, resultando:

$$\text{Re} = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{824.6 * 0.785 * 0.0508}{4 \times 10^{-3}} = 8220.85$$

En lugar de utilizar en diagrama de Moody se utilizará la fórmula de Von Karman para calcular f , debido a que el número de Reynolds es muy elevado.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(\text{Re} \sqrt{f}) - 0.8$$

Dando como resultado

$$f = 3.25536 \times 10^{-2}$$

De la tabla 34, se pueden obtener los coeficientes de pérdida para cada componente de tubería. La tabla 43, muestra los coeficientes para cada accesorio del diseño.

Accesorio	Unidades	K_L	Unidades * K_L
Válvula de bola	1	0.05	0.05
Válvula de cheque	1	2	2
Válvula de compuerta	2	0.15	0.30
Tee (flujo derivado, embridado)	5	1	5
Codo 90 (regular, embridado)	5	0.3	1.5
Codo 45	1	0.2	0.2
			9.05
			ΣK_L

Tabla 43. Coeficientes de pérdida para accesorios de 2 pulg.

Al ingresar todos los datos conocidos la pérdida por cabeza de altura para el diámetro de 2 pulgadas resulta:

$$h = h_l + \sum h_f = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} + \sum K_L \frac{V^2}{2g} = 1.2157 \text{ m}$$

La caída de presión para 2 pulgadas es de:

$$P_{2\text{ pulg}} = \rho gh = 9,834.295 Pa = 1.4264 psi$$

De la misma manera que se hicieron los cálculos para el diámetro de 2 pulgadas se realizan para el de 2 1/2 pulgadas. A continuación se muestra los resultados.

$$V = 0.502 m/s$$

$$R = 6577.25$$

$$f = 3.46096 \times 10^{-2}$$

Accesorio	Unidades	K_L	Unidades * K_L
Válvula de compuerta	2	0.15	0.3
Codo 90 (regular, embridado)	5	0.3	1.5
Codo 45	3	0.2	0.6
			2.4
			ΣK_L

Tabla 44. Coeficientes de pérdida para accesorios de 2 1/2 pulg.

$$h = 1.77535 m$$

$$P_{2\frac{1}{2}\text{ pulg}} = 14,361.463 Pa = 2.0831 psi$$

La caída de presión total del tanque principal de petróleo crudo hacia el tanque de almacenamiento de la calera para esta tubería es la suma de $P_{2\text{ pulg}}$ y $P_{2\frac{1}{2}\text{ pulg}}$ siendo:

$$P_{2\text{ pulg}} + P_{2\frac{1}{2}\text{ pulg}} = 1.4264 + 2.0831 = 3.5095 psi$$

Se realizó el mismo cálculo, pero utilizando la fórmula de ColeBrook-White para calcular f , debido a que el número de Reynolds es muy elevado.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

El resultado fue muy similar al calculado anteriormente, siendo la caída de presión de:

$$P_{2\text{ pulg}} + P_{2\frac{1}{2}\text{ pulg}} = 1.4671 + 2.1350 = 3.6021 psi$$

5.5. Propuesta de mantenimiento de la red de combustible

El mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. En este caso a las que compone todo el sistema de distribución de combustible.

5.5.1. Objetivo. El objetivo de dicho mantenimiento, es la conservación del servicio de combustible a las distintas áreas de proceso en planta San Miguel. También se busca garantizar un sistema seguro y confiable, evitando derrames e incendios.

5.5.2. Encargados del mantenimiento. Como ya es de nuestro conocimiento el hecho de que la planta sea ampliamente extensa, se necesitan distintos encargados para poder realizar mantenimiento a toda la red de combustible. A continuación se da un listado sobre el responsable del mantenimiento (ver tabla 45), según el área designada para dicho mantenimiento, dando una breve descripción de los dispositivos que la componen.

responsable de mantenimiento	area a cargo	descripción de componentes
servicios generales	almacenaje	tanques principales, sistema contra incendios
área de clinker	línea de alimentación a los tres hornos de clinker	bombas, intercambiadores de calor, quemadores principales y auxiliares, válvulas y accesorios de toda la línea
plantas MAK	línea de alimentación para tanque de plantas MAK	bombas, válvulas y accesorios de toda la línea
planta de cal	línea de alimentación para tanque de la planta de cal	bomba, válvulas y accesorios de toda la línea

Tabla 45. Encargados de mantenimiento

5.5.3. Mantenimiento. Se debe realizar una rutina de mantenimiento a la línea de combustible por el mecánico encargado del área (ver sección 5.5.2. Encargados del mantenimiento). Dicha rutina comprende revisar si en algún componente existe fuga o está en mal funcionamiento. La rutina no debe durar más de 30min para el sistema que alimenta los hornos, y 20min, para las líneas de la calera y plantas MAK. Para el sistema que alimenta los hornos esta rutina debe realizarse a diario, ya que el sistema trabaja 24 horas. Para el sistema de plantas MAK y calera debe de ser tres veces por semana. En caso de que hubiese fuga o mal funcionamiento en algún dispositivo, se realizará un reporte de avería, y con ello una orden de trabajo en la cual se realizará la reparación necesaria.

El mantenimiento en válvulas como en todos los aparatos o dispositivos mecánicos, un mantenimiento regular, es el camino más eficiente para lograr en las válvulas una operación correcta. Las recomendaciones de mantenimiento específicas para una válvula dada, son generalmente proporcionadas por los fabricantes. Una inspección regular programada es esencial para todo tipo de válvulas y especialmente en aquellas la cuales son operadas ocasionalmente. Las válvulas que contengan empaques, deberán ser frecuentemente inspeccionadas, para cerciorarse que el sello sea mantenido. A la primera señal de fuga, los empaques deberán ser ajustados o si es necesario, reemplazados. En muchos casos, los interiores de una válvula pueden ser deteriorados debido a las condiciones existentes, en estos casos, lo recomendable es reemplazar la válvula deteriorada por una nueva. Es un esencial requerimiento para las plantas, el contar con un adecuado y disponible stock de partes de repuesto. El tipo de mantenimiento para cada válvula que se utiliza en planta San Miguel, se puede ver en la sección 3.4.2.4. Tipos de válvulas.

Para el mantenimiento de unidades filtrantes se debe revisar la sección 4.2.4. Mantenimiento de filtros, donde se da el detalle de la manera de realizar mantenimiento a dichos componentes.

5.5.4. Revisión de costos de reparación y mantenimiento en la planta San Miguel. En la planta San Miguel se tiene registrado todo el tipo de mantenimiento y reparaciones que se ha realizado a los equipos del sistema de distribución de combustible. Para tener un control en el costo de este mantenimiento es necesario que se revise mensualmente y anualmente dichos costos. A partir de estos resultados se puede determinar si un equipo está causando gasto innecesario o si es necesario hasta cambiarlo. Para interés de esta investigación se tomaron los costos de todo el año 2004 a julio del 2005. En la figura 45 y 46 se muestra el costo real de cada equipo haciendo referencia a su respectivo año.

Como se puede notar en la figura 46 para el año 2004, los códigos que tienen más costo son:

- 29-L10 = Rutina de mantenimiento (revisión de tanques de almacenamiento) = Q. 95,486.50
- 29-L10-BC8 = Bomba de tornillo para petróleo crudo a los hornos de clinker = Q. 197,678.26
- 29-L10-BC9 = Bomba de tornillo para petróleo crudo a los hornos de clinker = Q. 222,122.75

En la figura 47 hasta julio del 2005, los códigos que tienen más costo son los siguientes:

- 29-L10 = Rutina de mantenimiento (revisión de tanques de almacenamiento) = Q. 95,449.51
- 29-L10-BC8 = Bomba de tornillo para petróleo crudo a los hornos de clinker = Q. 80,847.81
- 29-L10-BC9 = Bomba de tornillo para petróleo crudo a los hornos de clinker = Q. 78,353.54
- 29-L10-BCI = Bomba de tornillo para aceite quemado a los hornos de clinker = Q. 78,485.37
- 29-L10-BCH = Bomba de tornillo para aceite quemado a los hornos de clinker = Q. 80,587.78

De los datos anteriores se puede observar que las bombas de petróleo crudo y aceite quemado son las que tienen más alto costo en reparaciones y mantenimiento.

Las bombas de petróleo crudo representan para el año 2004 un 66.22% del gasto total del año.

Para el 2005 un 31.72% para las bombas de petróleo crudo y un 31.69% para las bombas de aceite quemado. Siendo un 63.41% del gasto total del año.

De los resultados anteriores se puede concluir que estas bombas deben revisarse si están operando conforme a sus parámetros de diseño, de lo contrario podría ser una causa de falla y por ende se ve reflejado en el costo de reparación y mantenimiento.

De esta manera, se puede estudiar el historial de cada equipo, y determinar la causa de las fallas que la ocasionan y disminuir el costo de reparación y mantenimiento para la empresa.

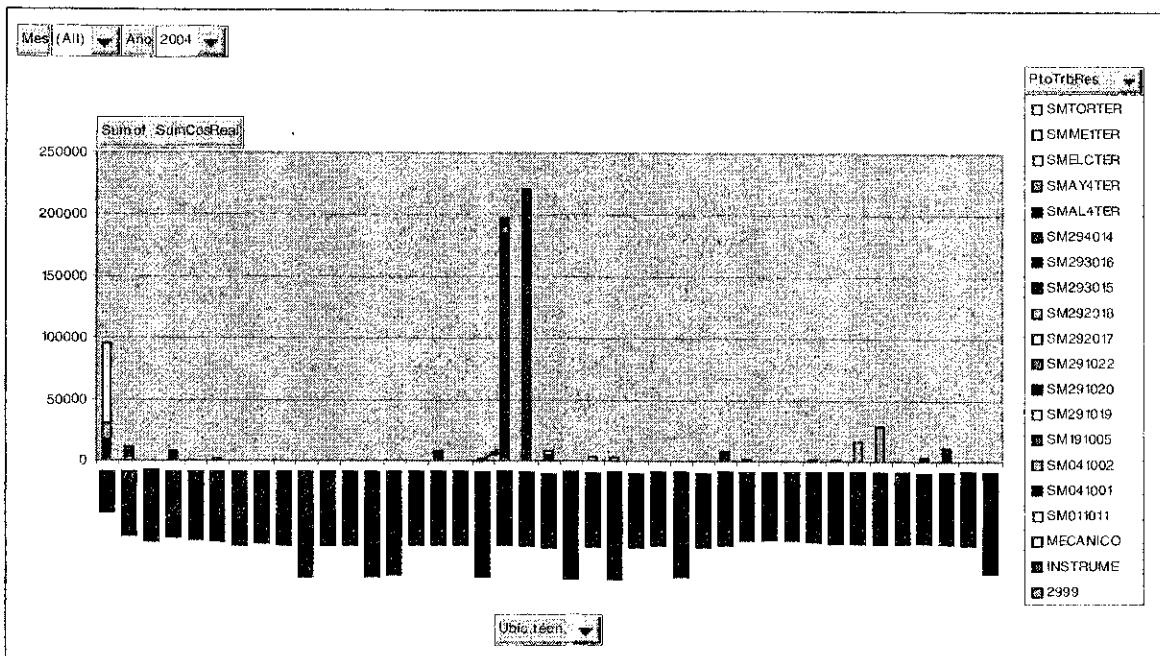


Figura 45. Costo real de mantenimiento de equipos en el sistema de distribución de combustible, planta San Miguel. Año 2004

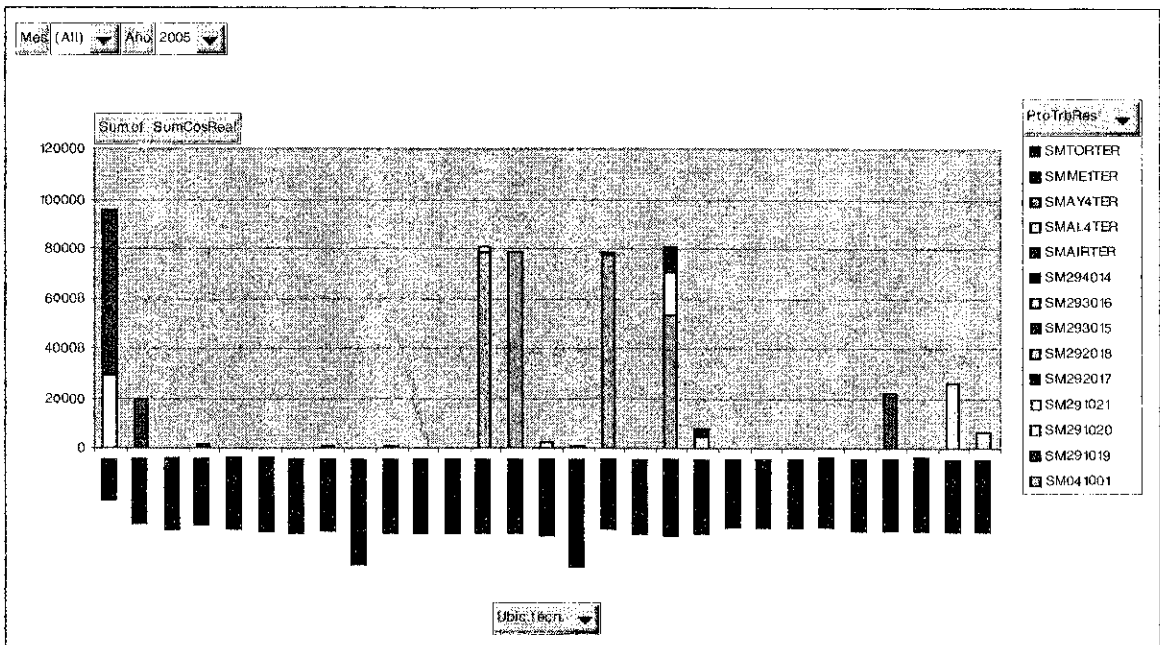


Figura 46. Costo real de mantenimiento de equipos en el sistema de distribución de combustible, planta San Miguel. Hasta julio, año 2005

5.6. Plan de control para válvulas de combustible de retorno de los hornos de clinker

5.6.1. Objetivo. El motivo de realizar un plan de control para válvulas de combustible de retorno, es para prevenir contaminación entre los mismos, preservando las propiedades físicas y químicas de cada combustible. Debido a que son tres combustibles los cuales pueden utilizarse en los hornos de clinker y a lo extenso del sistema de combustible, el control en dichas válvulas se puede volver dificultoso a la hora abrir o cerrar cada una de ellas. No todas las válvulas en el sistema son automatizadas, y es debido a esto que se creó un plan para controlar la abertura o cierre de válvulas manuales.

5.6.2. Funcionamiento del plan. Para poder poner en práctica dicho plan, se tiene que tener conocimiento en el libro de tag's y en los planos del sistema de combustible, ya que en el plan se toma en cuenta el número de tag de la válvula. En el libro de tag's esta detallada la ubicación y área física de cada válvula.

En la tabla 46, se puede observar la propuesta del plan de control de válvulas para combustible de retorno de los hornos de clinker. El plan incluye el número de horno, combustible utilizado, tipo de quemador (principal, auxiliar), el número de válvulas que necesariamente tienen que estar abiertas para su buen funcionamiento, y el número de válvulas que tienen que necesariamente deben de estar cerradas. Este último es muy importante, ya que de estas válvulas depende que no se contaminen entre combustibles, y ocasionarles daños físicos y químicos. Para identificar las válvulas se utiliza el número de tag asignado a cada una de ellas. De esa manera es posible identificar fácilmente cada válvula incluida en el plan. El plan provee todas las posibles combinaciones de combustible y válvulas utilizadas en el sistema.

horno	combustible utilizado	quemador	válvulas abiertas (no. tag)	válvulas cerradas (no. tag)
461	bunker	principal	2-222, 2-227	3-49
		auxiliar	3-48, 2-227	3-49, 1-53
	aceite quemado	principal	1-54	-
		auxiliar	1-53	3-48
		auxiliar	3-48, 3-49	1-53, 2-227, 2-221, 2-222, 2-224
462	bunker	principal	2-224, 2-227	3-49
		auxiliar	3-48, 2-227	3-49, 1-53
	aceite quemado	principal	1-71, 1-73	-
		auxiliar	1-53	3-48
		auxiliar	3-48, 3-49	1-53, 2-227, 2-221, 2-222, 2-224
463	bunker	principal	2-215, 2-221, 2-227	3-49
		auxiliar	2-230, 2-221, 2-227	3-49, 1-76
	aceite quemado	auxiliar	1-76	2-230

Tabla 46. Plan de control para válvulas de combustible de retorno

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se pudo examinar en este proyecto, el diseño de una nueva red de distribución de combustible en planta San Miguel constó de varios aspectos importantes.

El levantamiento de los planos según el tipo de combustible y área de proceso, trajo un amplio y mejor panorama acerca de cómo estaba la red de combustible en la actualidad. Ya que desde este punto, se puede partir y realizar todas las mejoras necesarias y futuras en la red de combustible. Dichos planos están a la mano del personal de Cementos Progreso en el manual del sistema de combustible y en la red local de Intranet.

Se elaboró el manual general del sistema de combustible. Se realizó una presentación explicando el funcionamiento de dicho manual en presencia del gerente general de la planta, superintendentes de distintas áreas y jefes de área. La tarjetas de identificación tag's, logran su cometido para el cual fueron creadas, proveyendo información en el área física de trabajo. En el libro de tag's quedaron registrados todos los accesorios que existen en la red de combustible, y algo muy importante, es el estado en que se encuentra cada uno. De esta manera el personal encargado puede tomar cartas en el asunto y poder reparar o cambiar dispositivos averiados e implantar un plan de mantenimiento.

Para el diseño de la línea independiente del petróleo crudo de retorno de los quemadores auxiliares de los hornos de clinker 461 y 462, hacia el tanque principal de almacenamiento se obtuvo un diámetro de tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada, y cédula 40, basándose en datos reales de operación de los hornos. Los accesorios también deben ser de esta medida (sección 5.3.2.). Se debe utilizar tubería de acero al carbono de clase 150, según la tabla 4, rango de clases de tubería basada en ASME B16.5 y su correspondiente PN (presión nominal) que según dicha tabla es de 20 bar = 290 psi. Lo cual es suficiente para la presión necesaria en esta línea de tubería de retorno en planta San Miguel, que es de 120 psi. Todos estos parámetros de diseño son de gran importancia ya que de esa manera se obtiene un diseño seguro y confiable.

También es de gran importancia considerar la instalación de aislante térmico y heat-tracing a toda la tubería de retorno, ya que de esta manera se garantizan las propiedades físicas y químicas del petróleo crudo a lo largo de la tubería. En la planta San Miguel se utiliza el aceite térmico como medio caliente en los distintos intercambiadores de calor. Cuenta con un calentador de aceite el cual está diseñado para 800,000 Kcal/h, y del que sólo se utiliza 650,000 Kcal/h. Por lo tanto, para cualquier espesor de aislante, dicho calentador está diseñado para poder reemplazar el calor perdido de la línea de retorno de petróleo crudo colocando heat-tracing a lo largo de toda la tubería.

Al calcular la caída de presión de la línea del tanque principal de petróleo crudo hacia el tanque de almacenamiento de la calera se obtuvo como resultado 3.5095 psi utilizando la fórmula de Von Karman para el coeficiente de fricción, y 3.6021 psi utilizando la fórmula de Colebrook-White. Comparando la presión de descarga de esta bomba que es de 450psig con la caída de presión que se calculó, se puede concluir que la bomba está sobredimensionada para dicha línea de alimentación. Un error que se cometió al principio del cálculo fue utilizar la fórmula convencional de Darcy-Weibach, la cual es para flujos con números de Reynolds menores a los obtenidos en los cálculos realizados, debido a esto, se utilizaron las primeras dos fórmulas mencionadas.

Actualmente no se cuenta con un plan de mantenimiento para la red de combustible, lo cual aumenta el riesgo de derrames e incendios durante la operación. Para ello se realizó una

propuesta de mantenimiento, y se espera que en no mucho tiempo se pueda implementar para la seguridad de la planta San Miguel.

Asimismo, se observaron muchos errores en el control de combustible de retorno de los hornos de clinker, para ello se propuso un plan de control para válvulas de combustible de retorno. El cual tiene como fin, controlar la abertura o cierre de válvulas manuales, para prevenir que un combustible retorne al tanque equivocado, ocasionando contaminación indeseada. Dicho plan está en manos del personal de la planta San Miguel en ponerlo a trabajar.

Finalmente, pueden hacerse las siguientes recomendaciones en cuanto al sistema de combustible en la Planta San Miguel:

- Actualizar los planos de AUTO-CAD si existe alguna modificación futura.
- Capacitar al personal para la utilización del manual general del sistema de combustible.
- Definitivamente, llevar a cabo la construcción del diseño de una línea independiente para el petróleo crudo de retorno de los quemadores auxiliares de los hornos de clinker 461 y 462, hacia el tanque principal de almacenamiento.
- Colocar dispositivos para la medición de presión en la línea del tanque principal de petróleo crudo hacia el tanque de almacenamiento de la calera.
- Llevar a cabo el plan de mantenimiento de la red de combustible, ya que de esa manera disminuye el riesgo de derrames e incendios durante su operación.
- Poner en práctica el plan de control de válvulas de combustible de retorno de los hornos de clinker.

7. BIBLIOGRAFÍA

Libros de texto

- Cheremisinoff, Paul N. 1996. *Storage tanks*. E.E.U.U., Gulf Publishing Company. 303 págs.
- El-Wakil, M. M. 1984. *Power plant technology*. E.E.U.U., McGraw-Hill. 861 págs.
- Holman, J.P. 1998. *Transferencia de calor*. 8ª ed. España, McGraw-Hill. 484 págs.
- Karassik, Igor J., et al. 1976. *Pump Handbook*. E.E.U.U., McGraw-Hill. 14 caps.
- McCabe, Warren; J. C. Smith y P. Harriot. 2002. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 6ª ed. México, McGraw-Hill. 1199 págs.
- Munson, B.; D. Young y T. Okiishi. 1999. *Fundamentos de mecánica de fluidos*. México, Editorial Limusa. 867 págs.
- Nayyar, Mohinder L. 2000. *Piping Handbook*. 7ª ed. E.E.U.U., McGraw-Hill. 5 caps.
- Streeter, V y Wylie, B. 1987. *Mecánica de los fluidos*. 8ª ed. México, McGraw-Hill. 594 págs.
- Zappe, R.W. 1999. *Valve selection Handbook*. 4ª ed. E.E.U.U., Gulf Publishing Company. 324 págs.

Manuales del Departamento de Planificación, Cementos Progreso, S. A., planta San Miguel

- Manual no.50, *Generales-Petróleo*, línea 1 y 2. Librería no.1, Fila no.3
- Manual no.52, *Generales-Petróleo*, línea 1 y 2. Librería no.1, Fila no.3
- Manual no.53, *Generales-Petróleo*, línea 1 y 2. Librería no.1, Fila no.3
- Manual no.54, *Generales-Petróleo*, línea 1 y 2. Librería no.1, Fila no.3
- Manual no.55, *Generales-Petróleo*, línea 1 y 2. Librería no.1, Fila no.3
- Manual no.56, *Generales-Petróleo*, línea 1 y 2. Librería no.1, Fila no.3
- Manual *Pillard-Quemador Principal Horno 1, multicombustibles y aceite quemado*, Fase 3, Tomo no. 2
- Manual *Konus*, A Buderus Company
- Manual *Brady*, Safety, Facility & Identification, Catalog S-23, 2004

Búsquedas en Internet

- www.cementosprogreso.com
- http://www.speci-fire.com/speci-fire_pdf/i4-general_engineering.pdf
- <http://www.upc.es/web/prevencio/ossma/fi/manuals/MIE-APQ-001.doc.pdf>
- <http://www.fi.uba.ar/materias/6756/Clase%204b%20tecnicas%20energeticas%201C%202004.pdf>

8. APÉNDICE

En este apéndice se encuentra los planos del sistema de combustible de la planta San Miguel en el orden que se indica a continuación. También se encuentra el plano del diseño de la línea independiente para el petróleo crudo de retorno de los quemadores auxiliares.

Planos del sistema de aceite quemado

1. Nivel 1, General
2. Nivel 2, Hornos 461 & 462
3. Nivel 3, Quemadores auxiliares 461 & 462
4. Nivel 3, Horno 463

Planos del sistema de bunker C

5. Nivel 1, General
6. Nivel 2, Hornos 461 & 462
7. Nivel 3, Horno 463
8. Nivel 4, Quemadores auxiliares 463 (Incluye Aceite Quemado)
9. Plantas MAK (bunker C) y Calera (crudo)

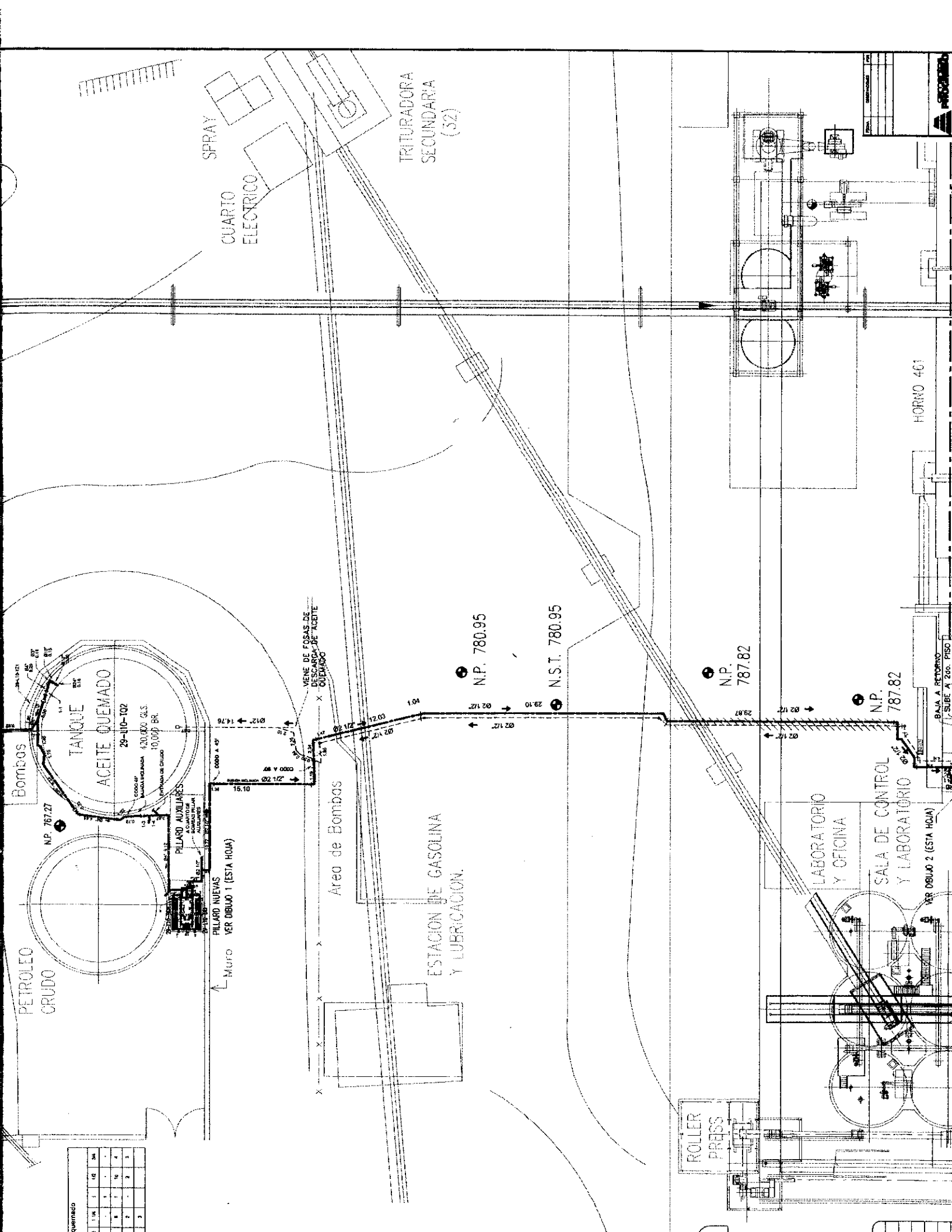
Planos del sistema de petróleo crudo

10. Nivel 1, General

Plano del diseño

11. Nivel 1, 2 y 3

Quemado	
1/4"	1/4"
1/2"	1/2"
3/4"	3/4"
1"	1"
1 1/4"	1 1/4"
1 1/2"	1 1/2"
1 3/4"	1 3/4"
2"	2"
2 1/2"	2 1/2"
3"	3"



PETROLEO CRUDO

Bombas

TANQUE ACEITE QUEMADO
29-110-102
CAPACIDAD 420,000 GLS.
10,000 BR.

N.P. 767.27

PILARDO AUXILIARES

PILARDO NUEVAS
Muro VER DIBUJO 1 (ESTA HOJA)

Area de Bombas

ESTACION DE GASOLINA Y LUBRICACION.

N.P. 780.95

N.S.T. 780.95

N.P. 787.82

LABORATORIO Y OFICINA

SALA DE CONTROL Y LABORATORIO

N.P. 787.82

ROLLER PRESS

VER DIBUJO 2 (ESTA HOJA)

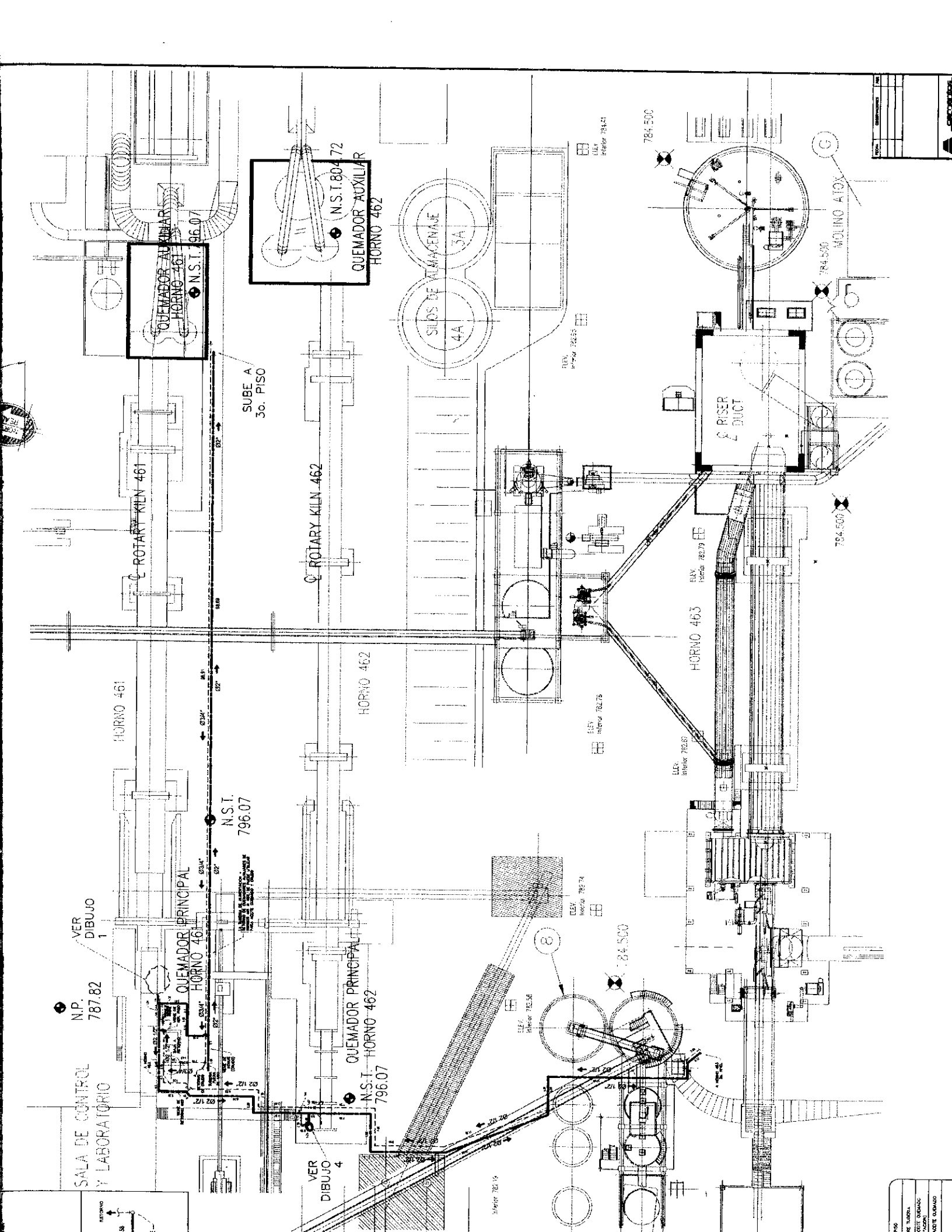
BAJA A RETORNO
SUBE A 200. PISO

HORNO 401

CUARTO ELECTRICO

SPRAY

TRITURADORA SECUNDARIA (52)



SALA DE CONTROL
Y LABORATORIO

N.P.
787.82

VER
DIBUJO
1

QUEMADOR PRINCIPAL
HORNO 461

N.S.T.
796.07

HORNO 461

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 461

N.S.T.
796.07

SUBE A
3o. PISO

ROTARY KILN 462

HORNO 462

QUEMADOR PRINCIPAL
N.S.T. HORNO 462
796.07

VER
DIBUJO
4

SILOS DE ALMACENAJE
4A

3A

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 462
N.S.T. 804.72

ELEV.
interior 785.16

ELEV.
interior 785.38

ELEV.
interior 787.74

ELEV.
interior 782.75

ELEV.
interior 792.87

ELEV.
interior 782.19

HORNO 463

784.500

784.500

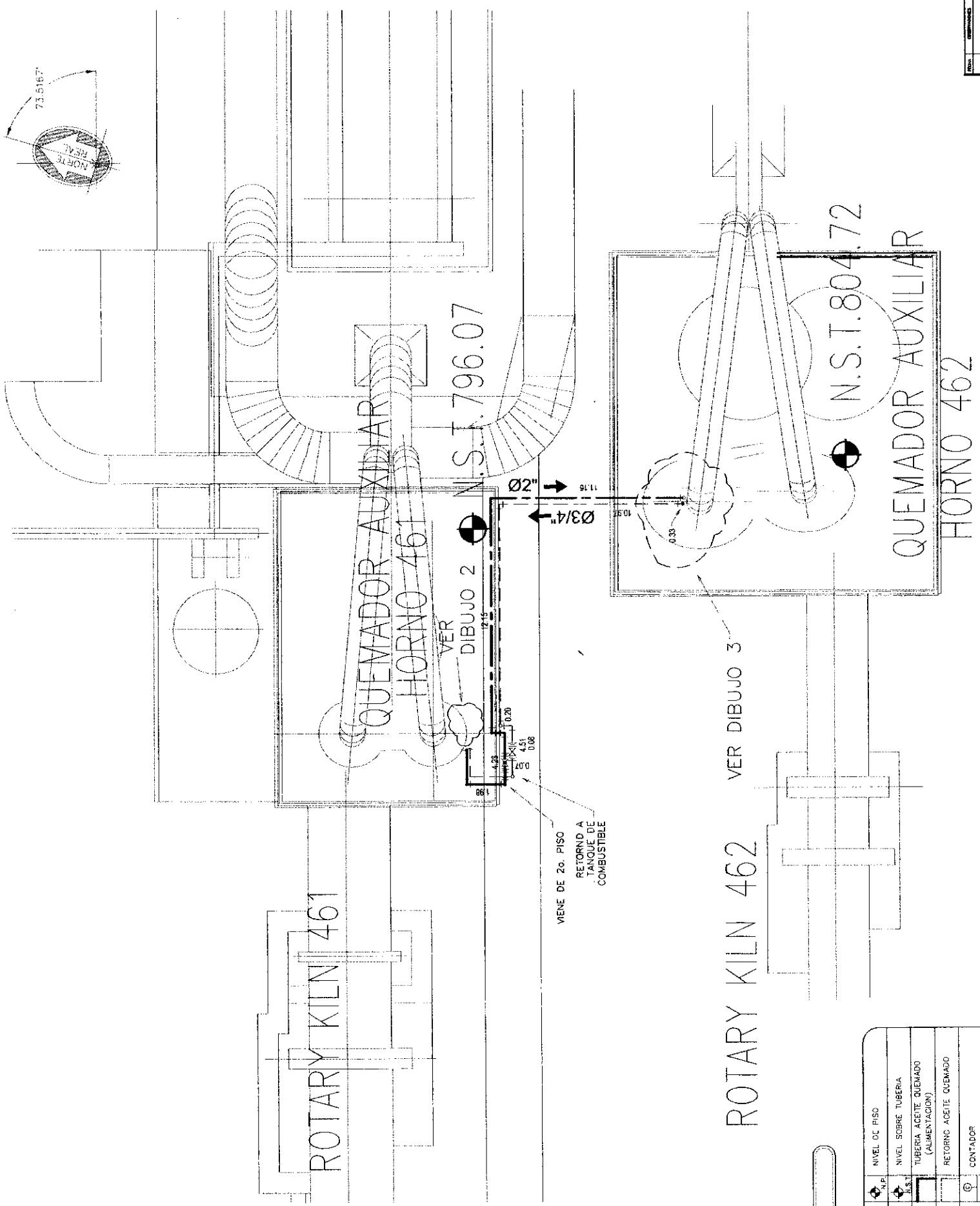
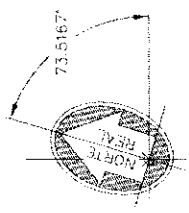
MOLINO AJO

784.500

784.500

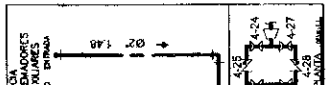
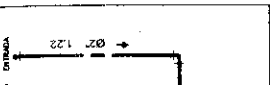
NO.	CONTENIDO
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

PROY.	
REV. TUBERIA	
COTEJ. QUIMICA	
COMPROB.	
VERIFIC. DIBUJOS	



LOGIA USADA

	NIVEL DE PISO
	NIVEL SOBRE TUBERIA
	TUBERIA ACEITE QUEMADO (ALIMENTACION)
	RETORNO ACEITE QUEMADO
	CONTADOR
	VALVULA MOTORIZADA
	CODIG A 45 GRADOS



ROTARY KILN 462

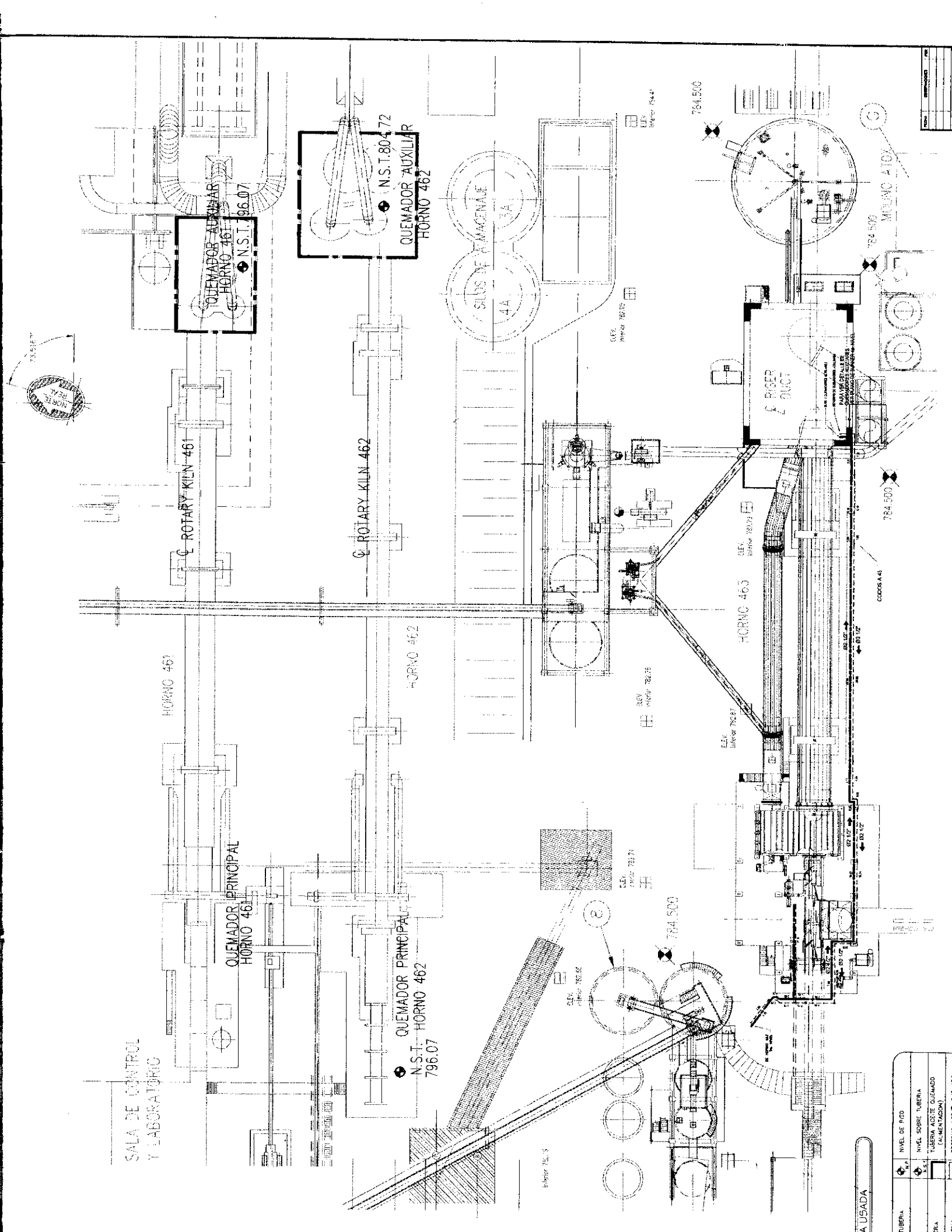
VER DIBUJO 3

N.S.T. 796.07

N.S.T. 804.72

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 462

VIENE DE 2o. PISO
RETORNO A
TANQUE DE
COMBUSTIBLE



SALA DE CONTROL
Y LABORATORIO

HORNO 461

ROTARY KILN 461

QUEMADOR PRINCIPAL
HORNO 461

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 461

N.S.T. 96.07

ROTARY KILN 462

HORNO 462

QUEMADOR PRINCIPAL
N.S.T. HORNO 462
796.07

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 462

N.S.T. 80.72

SILOS DE ARMAGANE

4A

3A

HORNO 463

RISER DUCT

A USADA

▣	NIVEL DE PISO
▣	NIVEL SOBRE TUBERIA
▣	TUBERIA SOBRE QUEMADO (CALENTADOR)
▣	...

MOINO 410

COCCOS #45

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

784.500

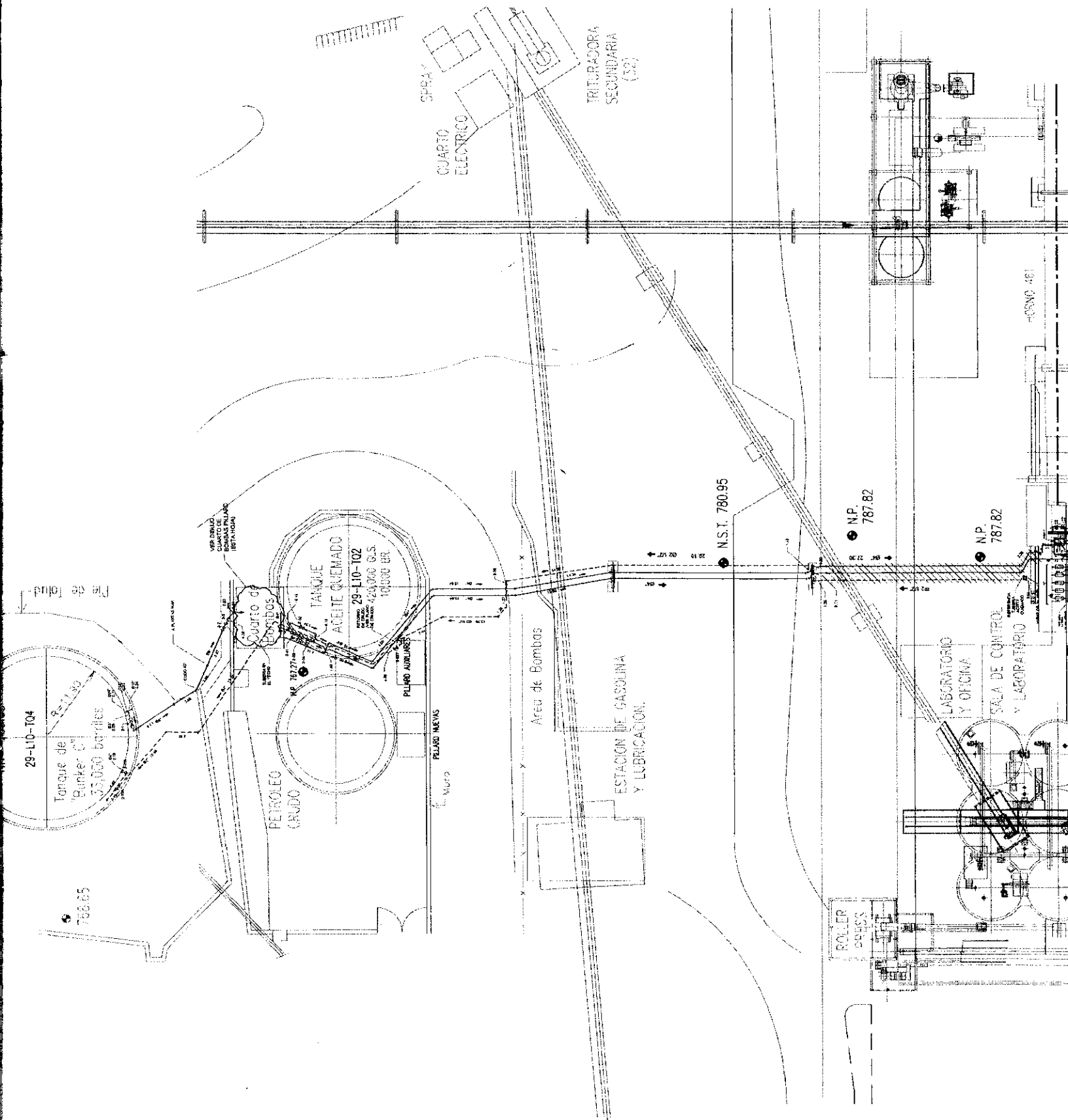


Fig. 10

29-110-104

786.85

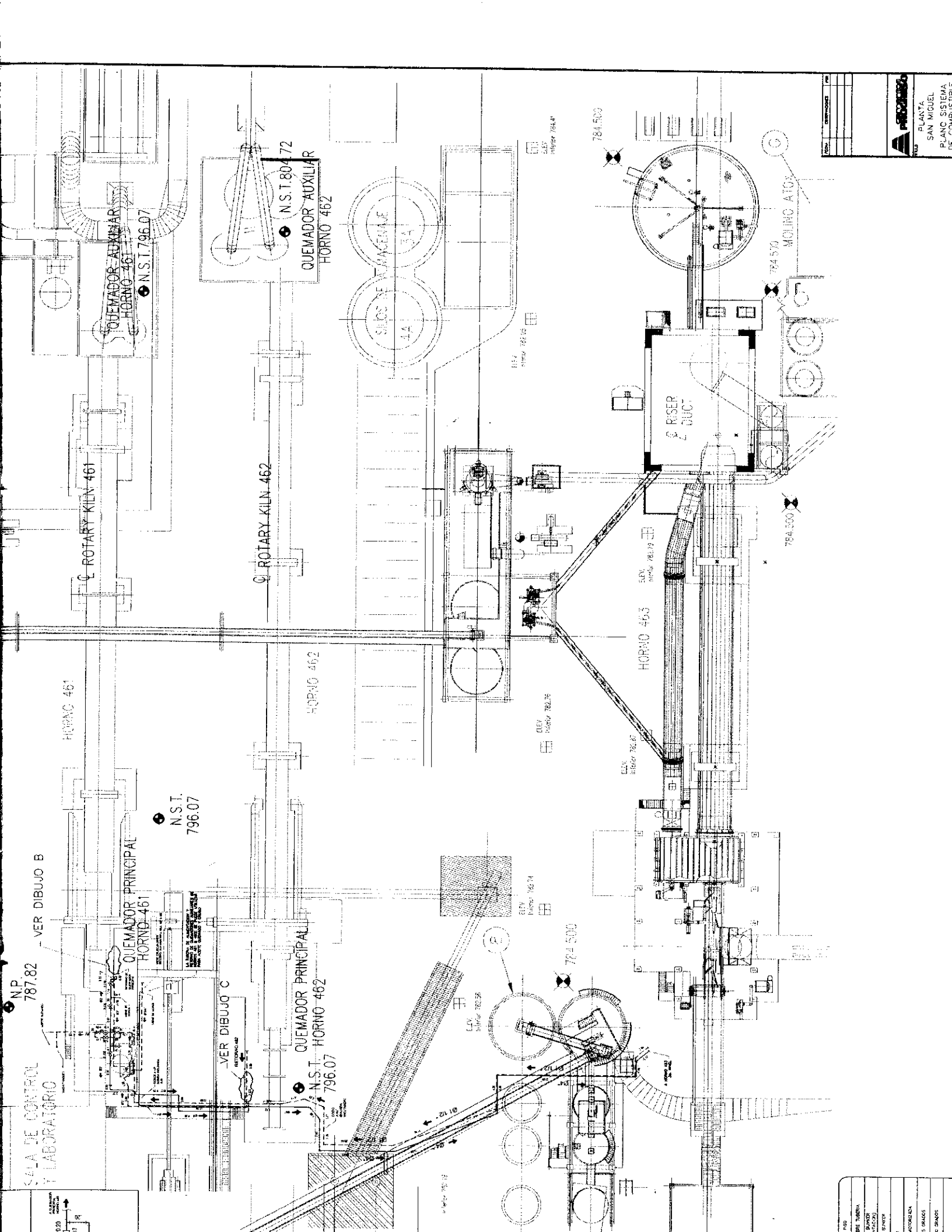
N.S.I. 780.95

N.P. 787.82

N.P. 787.82

1	2	3	4
1	2	3	4

1	2	3	4
1	2	3	4



NO.	FECHA	DESCRIPCION

PLANTA
 SAN MIGUEL
 PLANO SISTEMA
 DE COQUE

PROY.	
DISEÑO	
REVISOR	
APROBADO	
FECHA	

SALA DE CONTROL
Y LABORATORIO

HORNO 461

ROTARY KILN 461

QUEMADOR PRINCIPAL
HORNO 461

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 461
N.S.T. 96.07

ROTARY KILN 462

HORNO 462

QUEMADOR PRINCIPAL
N.S.T. HORNO 462
796.07

QUEMADOR AUXILIAR
HORNO 462
N.S.T. 804.72

SILOS DE ALIMENTACION

SEV 794.500

SEV 794.500

SEV 794.500

SEV 794.500

SEV 794.500

HORNO 463

SEV 794.500

SEV 794.500

SEV 794.500

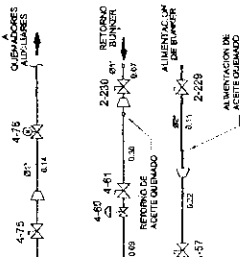
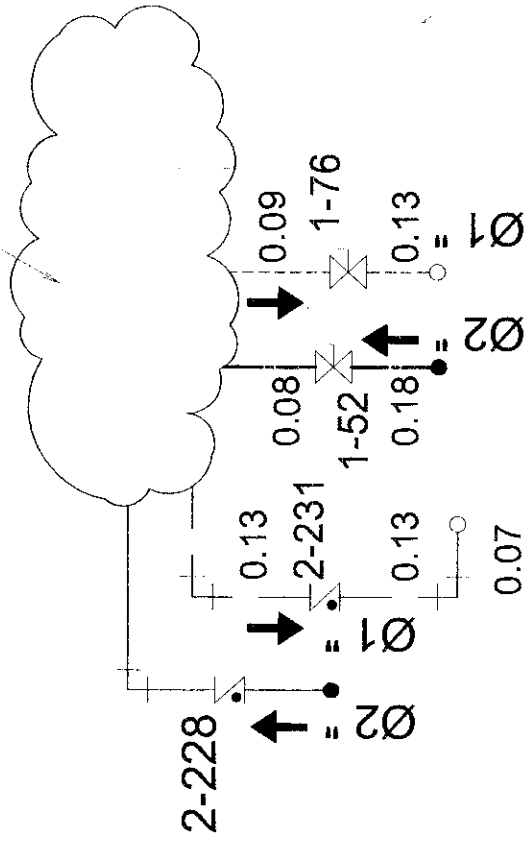
DIBUJO

VALVULA USADA

VALVULA	NIVEL DE PESO
VALVULA	NIVEL SOBRE TUBERIA
VALVULA	TUBERIA PLANKER (ALIMENTACION)
VALVULA	RETORNO BUNGLER
VALVULA	CONTACTOR
VALVULA	VALVULA MOTORIZADA
VALVULA	CODE A 45 354205

NO.	DESCRIPCION

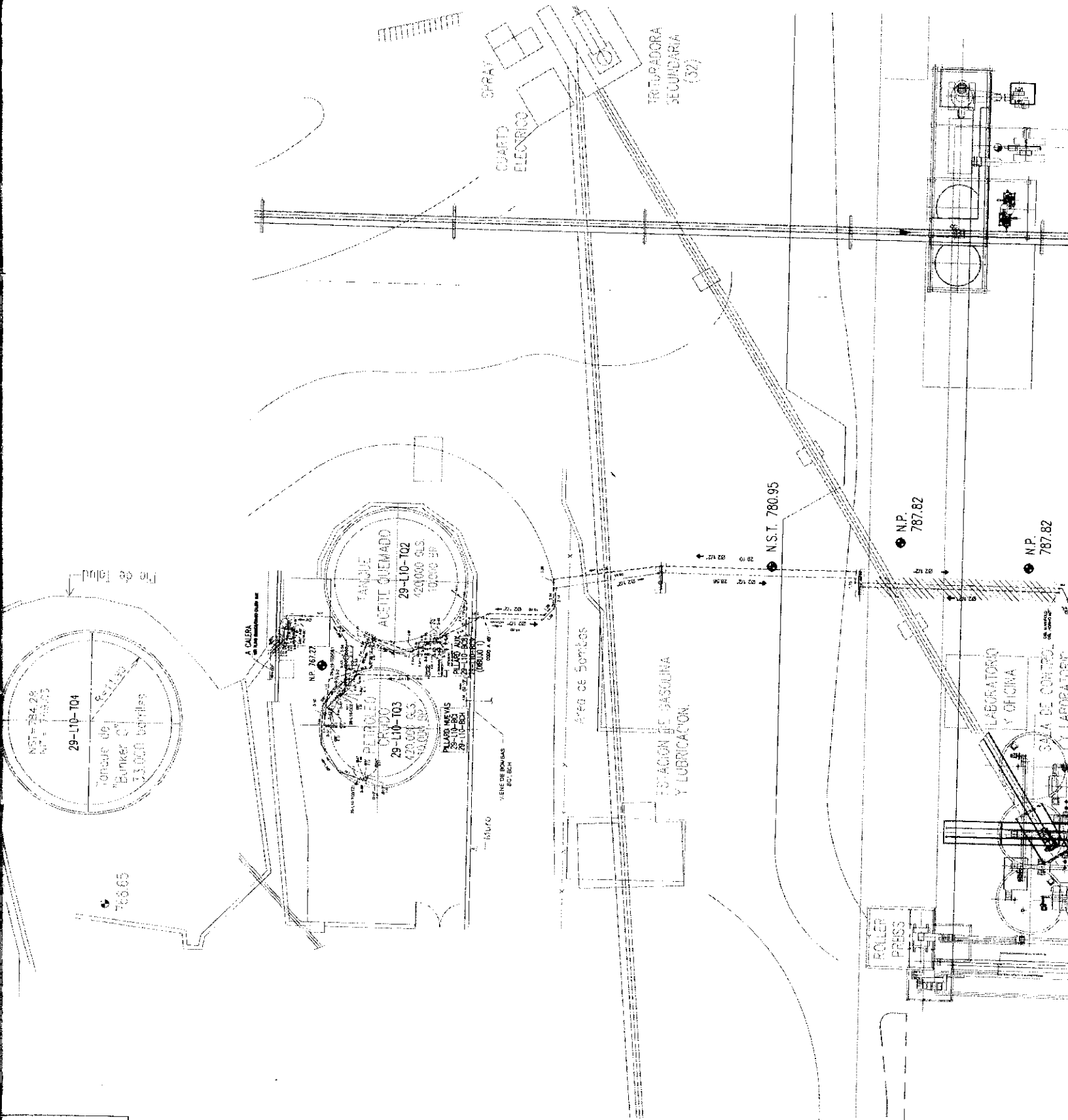
DIBUJO "A"

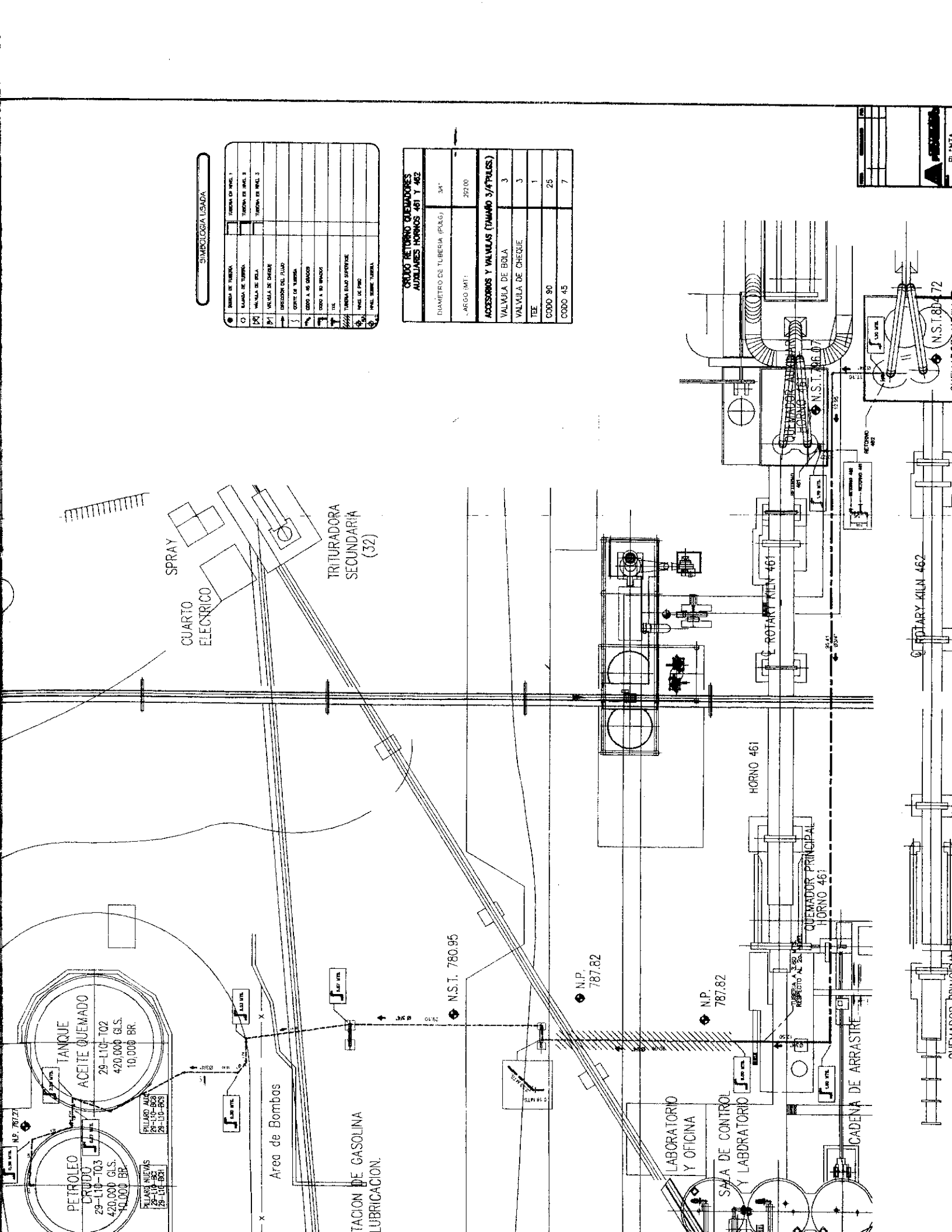


⊕	NIVEL DE FIEO
⊕	NIVEL SOBRE TUBERIA
⊕	TUBERIA BUNKER (ALIMENTACION)
⊕	RETORNO BUNKER
⊕	CONTADOR

Rev.	Descripción	Por

NO.	FECHA	REVISADO





SIMBOLOGIA USADA

1	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 1
2	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 2
3	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 3
4	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 4
5	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 5
6	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 6
7	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 7
8	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 8
9	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 9
10	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 10
11	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 11
12	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 12
13	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 13
14	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 14
15	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 15
16	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 16
17	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 17
18	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 18
19	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 19
20	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 20
21	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 21
22	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 22
23	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 23
24	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 24
25	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 25
26	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 26
27	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 27
28	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 28
29	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 29
30	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 30
31	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 31
32	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 32
33	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 33
34	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 34
35	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 35
36	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 36
37	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 37
38	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 38
39	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 39
40	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 40
41	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 41
42	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 42
43	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 43
44	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 44
45	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 45
46	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 46
47	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 47
48	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 48
49	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 49
50	TIPO DE TUBERIA	TUBERIA EN NIVEL 50

ORDEN DE RETORNO QUEMADORES AUXILIARES HORNOS 461 Y 462	
DIAMETRO DE TUBERIA (PULG.)	3/4"
ARGO (MT.)	292.00
ACCESORIOS Y VALVULAS (TAMANO 3/4 PULG.)	
VALVULA DE BOLA	3
VALVULA DE CHEQUE	3
TEE	1
CODO 90	25
CODO 45	7

