



UNICOR
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

LA INGENIERIA MECANICA EN LA INDUSTRIA
DE LAS CONSTRUCCIONES NAVALES
SISTEMAS DE TUBERIAS

TESIS QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE INGENIERO
MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n:

MARIO CERRILLO RAMIREZ
EMILIO CHEMONTE NASSOUR
LUIS GUTIERREZ ULLOA
HECTOR MATA LIRA
ALVARO TAJONAR NAVARRETE



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A LA FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

A NUESTROS PROFESORES Y COMPANEROS

AL ING. VICENTE NACHER TODO

*Con estimación y respeto
por su valioso asesoramiento
en la elaboración de este trabajo*

A LA MEMORIA DE MI PADRE:
GRAL. JULIO TAJONAR BORDAS

A MI MADRE:
AURORA N. VDA. DE TAJONAR

A MIS HERMANOS:

JULIO
SALVADOR
JOSE
AURORA

A MI CUNADO:
GILBERTO

A MI NOVIA:
SRITA. MARTHA BASAVE G.

ALVARO TAJONAR NAVARRETE

I N D I C E

	Página
1) INTRODUCCION	1
2) POTABILIZACION DEL AGUA DE MAR	7
a) Desalinización por evaporación	7
b) Electrodialisis	12
c) Osmosis inversa	14
d) Conclusiones	17
3) TANQUES Y CARGA DE COMBUSTIBLE	18
a) Estudio en un buque de 15,000 toneladas	18
b) Transporte de petróleo crudo	24
c) Transporte de aceites lubricantes	26
d) Transporte de aceites combustibles	28
e) Mangueras flexibles y sus conexiones	28
4) SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO	34
a) La necesidad de los sistemas de - protección	34
b) Causas y métodos de extinción de un incendio	35

	Página
c) Rociadores automáticos a temperatura fija	37
d) Sistemas fijos de diluvio y niebla - automática	39
e) Sistemas automáticos de espuma	42
f) Sistemas de polvo químico	46
5) CORROSION	47
a) ¿Qué es la corrosión?	47
b) Tipos de corrosión	48
c) Resistencia a la corrosión	55
d) Ataque de la corrosión sobre hierro galvanizado y acero	56
e) Tubería usada en medios corrosivos	59
6) ACCESORIOS PARA LA TUBERIA	62
a) Codos	62
b) Tipos de bridas y uniones	65
c) Soportes	68
d) Válvulas	70
7) SOLDADURA DE TUBOS	72
a) Métodos de soldadura	72
b) Soldadura eléctrica a mano por arco	74
c) Soldadura automática con fundente - protector	77
d) Soldadura con arco giratorio y presión	77

	Página
e) Soldadura a gas y presión	78
8) NORMALIZACION DE TUBERIAS	81
a) Tipos de normas	81
b) Identificación de la tubería	83
c) Procedencia de bombas, tubos y válvulas que se utilizan en las construcciones - navales de México	84
d) Tablas de especificaciones	85
9) CALCULOS DE TUBERIA	95
10) PLANOS DE LOS SISTEMAS DE TUBERIA EN UN REMOLCADOR CONSTRUIDO PARA PEMEX, EN - "ASTILLEROS DE VERACRUZ"	116
11) CONCLUSIONES GENERALES	123
12) BIBLIOGRAFIA	125

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Es un espectáculo realmente impresionante ver llegar un trasatlántico a puerto y admirar la majestuosidad con que éste se acerca al muelle. Sin embargo, hoy no existirían esos gigantes del mar si un tosco y primitivo antepasado nuestro no hubiese logrado, hace miles de años, vencer el indómito río, viajando por él sobre un tronco y más tarde en una canoa. Porque el tronco y la canoa fueron los precursores de todos los navíos modernos, aunque se necesitaron muchos siglos de maravillosa inventiva para transformar el tronco en trasatlántico.

Antes de aparecer la idea de navegación, el hombre -- que llegaba a un río ó un lago, solo podía atravesarlos a nado. Por tierra, practicamente, podía ir a donde el de--sease, aunque muy lentamente, pero una vez en el agua, solo lograba muy pequeños avances.

En la actualidad, las rutas marítimas son uno de los vehículos más fecundos para la comunicación entre los pueblos. El movimiento de naves que traen y llevan hombres y riquezas, permite que las naciones se acerquen, las razas se integren y las culturas se entrelacen.

México, como todo el Continente Americano, está enla-

zado con el resto del mundo a través de los mares. Nuestra historia está estrechamente vinculada a las grandes -- aventuras marítimas de la humanidad. En nuestras costas -- se han librado también grandes batallas y en ellas se han defendido en múltiples ocasiones, la soberanía política y la integridad territorial.

Rodeado por dos grandes océanos, el Atlántico y el Pa cífico; geográficamente equidistante de Asia y Europa, --- nuestro país puede y debe ser una nación abierta al mar. - Nuestros diez mil kilómetros de litorales constituyen en -- cierta forma la más extendida frontera de la república.

El principal obstáculo que enfrentamos para el pleno- aprovechamiento de los recursos naturales provenientes del mar y para una más amplia comunicación con el resto del -- mundo estriba en la desproporción que tradicionalmente ha existido entre la dimensión y la riqueza de nuestras cos-- tas y los medios económicos, técnicos y humanos que se -- han dispuesto para utilizar efectivamente el mar.

Es notable la importancia de la industria naval, en el desarrollo económico de nuestro país. México no puede pensar en un sano desarrollo económico si olvida al mar co mo vía de comunicación hacia el exterior y como fuente ina gotable de recursos.

El comercio exterior mexicano alcanzó en años recientes la cifra de 21 millones de toneladas; de ellas, 12 millones fueron movilizadas por vía marítima. Los fletes -- que se pagaron por ese movimiento, importaron muchos millo

nes de pesos y solo un bajo porcentaje se manejó en buques de bandera mexicana.

En la construcción portuaria se ha padecido de graves fallas de planeación por falta de una evaluación económica conveniente, que permita predecir los beneficios de las obras a ejecutarse. Ello ha motivado que contemos con puertos mecanizados con un grado de ocupación muy reducido y otros con fuerte demanda y carencia de instalaciones apropiadas.

La integración de la industria mexicana deberá comprender la construcción de barcos de gran calado, para ayudar al desarrollo del transporte marítimo y si bien los astilleros del gobierno federal, de empresas de participación estatal y privadas laboran intensamente, aún lo hacen por debajo de sus posibilidades, sobre todo en esta época de gran demanda de construcción y reparación naval.

La carencia de inversiones apropiadas obliga a que algunos de los grandes buques mercantes mexicanos acudan a factorías extranjeras para sus reparaciones, en detrimento de nuestra balanza de pago y de la mano de obra mexicana.

Más aún, dicha carencia de inversiones, es más notable al hacer comparaciones de la flota mercante mexicana, que entre paréntesis cuenta con 45 buques de altura, con las flotas de las potencias marítimas tradicionales, como son: el Imperio Británico, que tiene 3059 unidades; Estados Unidos, con 2996; y Noruega, que tiene una flota que cuenta con 1332 buques de altura.

Es de desearse una nueva política de desarrollo marítimo, la cual deberá comprender algunos puntos de suma importancia como son: el mejoramiento de la dieta del mexicano, por el aprovechamiento de las especies marinas; el decidido impulso a la exportación; el mejoramiento sustancial de las actividades portuarias y el fomento al turismo y a la industria de nuestros litorales.

Todo lo anteriormente expresado exige la revalorización de nuestra tradición marítima y su actualización con los medios que requiere la tecnología contemporánea. Necesitamos integrar nuestro sistema interno de comunicaciones a la red portuaria nacional; habilitar y modernizar los puertos ya existentes coordinando todos los sectores que en ellos concurren; elevar la calificación técnica de nuestros hombres de mar; incrementar nuestra capacidad de transporte oceánico; racionalizar los sistemas de pesca y explorar constantemente el mar y su subsuelo.

Es nuestro deber el mencionar que tanto la marina mercante, la vigilancia costera, la edificación, el mantenimiento y el dragado de los puertos, así como la exploración científica, no son actividades autónomas; sino que están estrechamente interrelacionadas y comprendidas dentro de la industria naval.

El Ingeniero Mecánico-Electricista, vista la gran diversidad de equipo e instalaciones manejadas tanto a bordo, como en tierra, debe desarrollar y aplicar la tecnología propia de su especialidad, tanto para la construcción de

barcos, su mantenimiento y reparación; como para el diseño y mantenimiento de la maquinaria necesaria en las maniobras de carga y descarga de naves.

Así nos encontramos que un campo propicio para el desarrollo de la Ingeniería Mecánica- Eléctrica, dentro de la industria naval, no se reduce única y exclusivamente a la construcción de barcos; sino que comprende también la selección y mantenimiento de la maquinaria auxiliar necesaria en las labores de estiba, carga de combustible; etc.

Debemos mencionar que un barco, por pequeño que éste sea cuenta con una serie, de instalaciones y equipo, necesario para su navegación, tal como: instalación eléctrica; red de agua potable; sistema de alimentación de combustible; sistema de propulsión que comprende: motor, ya sea de vapor ó diesel, transmisión y hélice. Si se trata de un motor de vapor, se deberá tener una instalación adecuada para la producción y conducción de éste.

Los buques deberán contar con un sistema de potabilización de agua; de no ser así, como mínimo debiera tener -- una cisterna para el almacenamiento de agua potable. Todos los barcos deben tener un sistema de drenaje y lubricación adecuados.

Ciertos tipos de barcos, contarán además con un sistema de aire acondicionado, sistema de refrigeración, compresores y una serie de equipo adicional específico para una determinada tarea.

Por razones de seguridad y localización del barco, se debe contar con un equipo electrónico que comprende ondas, radares, radioteléfonos; la ecosonda que permite determinar el lugar en donde se encuentran los bancos de peces y las profundidades para que el capitán de la embarcación sepa en todo momento por donde va la nave.

En el diseño, dentro de la construcción naval, el Ingeniero Mecánico-Eléctricista deberá tener en consideración ciertas particularidades propias de las embarcaciones como son: la constante vibración vertical, horizontal y torsional producida por el oleaje del mar; el continuo golpe de arriete de grandes masas de agua, que sufre el casco, así como la gran presión que soporta éste; la corrosión en casco y tuberías, producida por la salinidad del agua; efectos electrolíticos ocasionados por la misma salinidad; la continua humedad atmosférica debida a la evaporación del agua del mar y los principios de sustentación y estabilidad aplicados a los barcos.

Es motivo del presente trabajo, el ofrecer una breve visión del panorama general de las aplicaciones de la Ingeniería Mecánico-Eléctrica a la industria náutica; normas que rigen la construcción de los barcos, así como la exposición un tanto simplificada de las principales redes de tubería, con sus respectivas válvulas y bombas, necesarias para la conducción de fluidos dentro de un buque.

C A P I T U L O 2

POTABILIZACION DEL AGUA DE MAR

Para potabilizar el agua de mar es necesaria una instalación en la que intervienen elementos de alimentación - (bombas, tuberías, válvulas), fuentes de calor, resipien--tes de evaporación, equipo de condensación, redes de dis--tribución, etc; para lo cual consideramos que el ingeniero mecánico-electricista, está capacitado para llevar con ga--rantía, el diseño, estudio y realización de esta parte tan vital en las construcciones navales.

La siguiente exposición muestra como encauzar un estudio de esta índole.

a) Desalinización por evaporación.

La rapidez con que un volumen determinado de agua se -evapora, dependerá de la temperatura y del estado de pre--sión del medio ambiente que lo rodea.

A una presión atmosférica normal, el agua hierve y se evapora a un máximo de 100°C . La presión atmosférica normal al nivel del mar, es de aproximadamente 1.03 Kg/cm^2 .

Pero si la presión se eleva a 70.3 Kg/cm^2 . sobre la -presión atmosférica, el punto de ebullición del agua será-

aproximadamente a los 315.6°C . Por otra parte, si el líquido se calienta en el vacío, a una presión inferior a la atmosférica, el punto de ebullición se reduce a 37.8°C . En estas condiciones, se puede llevar a cabo la evaporación con mucho menos calor.

El vapor que despidе el agua de mar al calentarse, es agua casi pura, la cual tiene que ser recuperada volviendo la a su estado líquido, por medio de la condensación. Esto se consigue al pasar la corriente de vapor por un largo serpentín, que lleva el agua salada fría y que simultáneamente se está bombeando del mar.

La condensación consiste en la eliminación del calor latente de vaporización que se encuentra presente en el vapor. Mientras tanto, el agua de mar que se está evaporando retiene las sales y poco a poco se va tornando mas salada, hasta que llega el momento de su saturación. En este momento se tira la salmuera concentrada y al mismo tiempo nuevas cantidades de agua de mar entran a la máquina.

Cuando un buen evaporador trabaja con una solución salina, que tiene un contenido de sales superior a 30,000 partes por millón, producirá agua dulce que tendrá menos de 1 p.p.m.

No hay ningún otro método que pueda acercarse a este grado de eficacia en cuanto a pureza.

El método no es sencillo, ya que se necesitan grandes

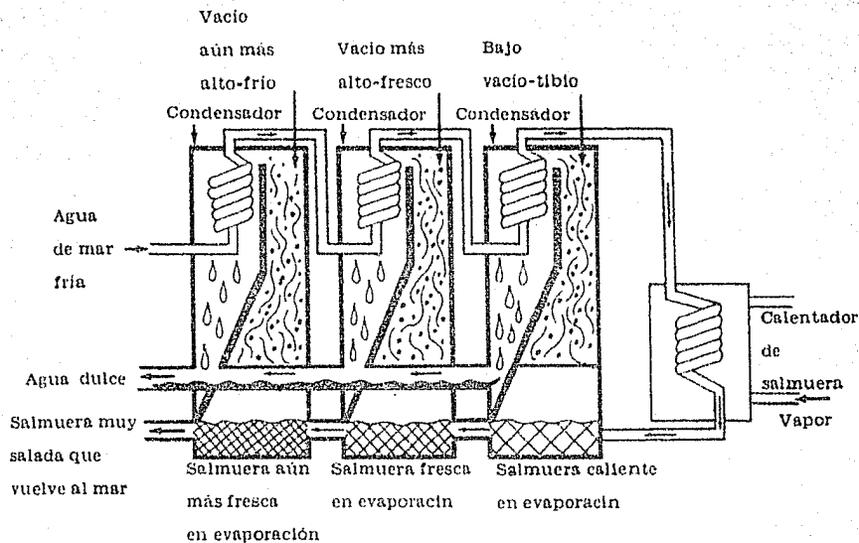
longitudes de tubería para la condensación, complicados re
cipientes, válvulas, boquillas y dispositivos que permiten
regular la temperatura y la presión a través de muchas eta
pas, a fin de aprovechar el calor a su máximo.

Un evaporador moderno de agua de mar, funciona sobre-
el mismo principio del alambique de destilación, pero es -
más eficaz.

En su forma más sencilla, este consiste en un reci---
piente metálico, en el que se calienta la solución salina-
por medio de un serpentín, por el que pasa vapor muy ca---
liente. Dicho calor pasa a través de la tubería y hace --
hervir la salmuera, evaporandose una parte de ella. Luego,
el vapor es llevado a una segunda etapa, donde otro serpen-
tín, lleno de salmuera fría lo condensa a agua que se pue-
de usar inmediatamente. Esta acción de enfriamiento ca---
lienta a la vez a la solución salina que va entrando y que
luego es enviada al evaporador.

Los evaporadores marinos funcionan de una manera bas
tante satisfactoria, pero siempre han dado dolores de cabe-
za a los ingenieros navales, debido a las capas de costra-
dura que se depositan rápidamente sobre el metal, donde --
quiera que se encuentre la salmuera caliente.

Esta escama es sumamente dura; mientras más caliente-
este el agua de mar, más rápidamente se formará. Dicha es
cama o costra, está constituida por: piedra caliza, yeso-
y sulfato de cal.



El principio de evaporación de etapas múltiples.

Hoy en día en los barcos de mayor calado que surcan los mares, los modernos diseños de evaporadores han reducido la escama, hasta cierto punto de conveniencia.

El problema de la formación de escama se regula, mediante el tratamiento químico del agua de mar, antes del calentamiento.

Revistiendo los tubos de los evaporadores con teflón, se proporciona mejor transmisión del calor y por lo tanto, el agua salada hierve con mayor rapidez disminuyendo la fuerza con que se adhiere la escama.

Después surgió la idea de hacer la tubería de los evaporadores más versátil, haciendo que pudiese reemplazarse en unos cuantos minutos, desechando la tubería inservible a causa de las escamas.

En la actualidad, se pueden obtener 181 Kg. de agua dulce con sólo 1/2 Kg de combustible, que se requiere para hacer funcionar el evaporador.

En el evaporador de agua salada se hace uso importante del vacío del condensador, al permitir que continúe toda la operación a baja temperatura y a una presión cercana a la atmosférica o aún más baja.

Cuando se divide el procedimiento en dos etapas, la salmuera calentada puede evaporar una parte de su agua, -- que se condensa en otro compartimiento; prosigue a otro recipiente con menor espacio y presión, donde se evaporará más agua, continuando así a través de varias etapas.

El efecto se repite hasta que el vacío sea tan alto -- como sea práctico y toda la evaporación posible se haya -- efectuado.

Como ya se ha dicho, los evaporadores marinos siempre han tomado su calor del vapor de las calderas del buque, y ya que es hasta ahora, la forma más común de producir agua en alta mar.

En los grandes barcos los evaporadores pueden ser -- grandes por sí mismos, pero aún están subordinados al calor de las calderas para poder funcionar.

Lo más moderno para la producción de agua dulce en alta mar, a bordo de los buques, es el equipo de evaporadores de agua salada, proyectados para producir 1,120,000 litros de agua dulce por día.

El vapor extraído de las turbinas principales de baja presión suministra el calor. Los equipos citados anteriormente los construye la empresa Aqua-Chem, Inc. de Waukesha, Wisconsin.

b) ELECTRODIALISIS

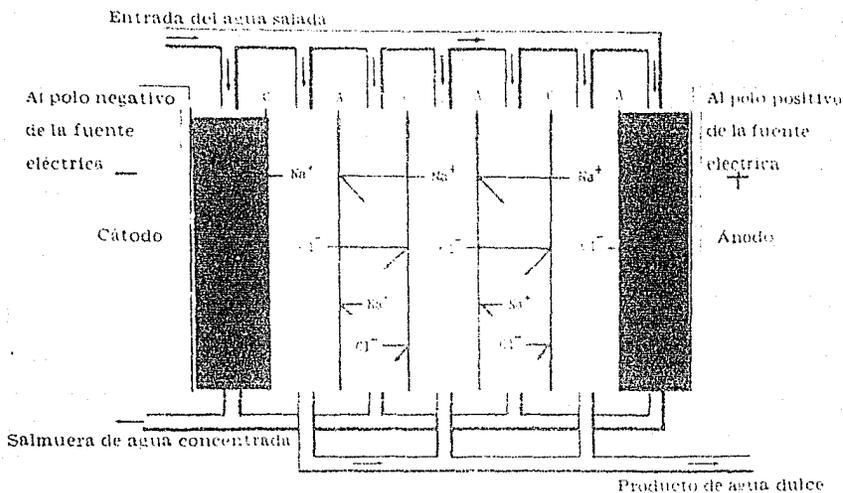
En la electrodialisis, los vínculos de hidrógeno se destruyen por medio de electricidad; luego se obliga a migrar a los iones positivos y negativos de la salmuera, para que pasen a través de unas membranas, que retendrán un tipo de iones pero no el otro.

La electrodialisis funciona, porque los iones positivos se mueven en determinada dirección dentro de un campo eléctrico, en tanto que los iones negativos se mueven en dirección opuesta.

Si se interpone un material adecuado para que se produzca el cambio de iones en la trayectoria de cada uno de esos tipos, se obtiene una acción semejante a la de válvulas, que separan los dos tipos de iones y los eliminan, dejando tras de sí el agua de la solución.

La forma práctica de realizar la electrodialisis, es establecer un voltaje de corriente directa de un lado a --

otro, en un tanque de solución salina en el cual, los iones positivos se mueven hacia el cátodo (-) y los iones negativos hacia el ánodo (+).



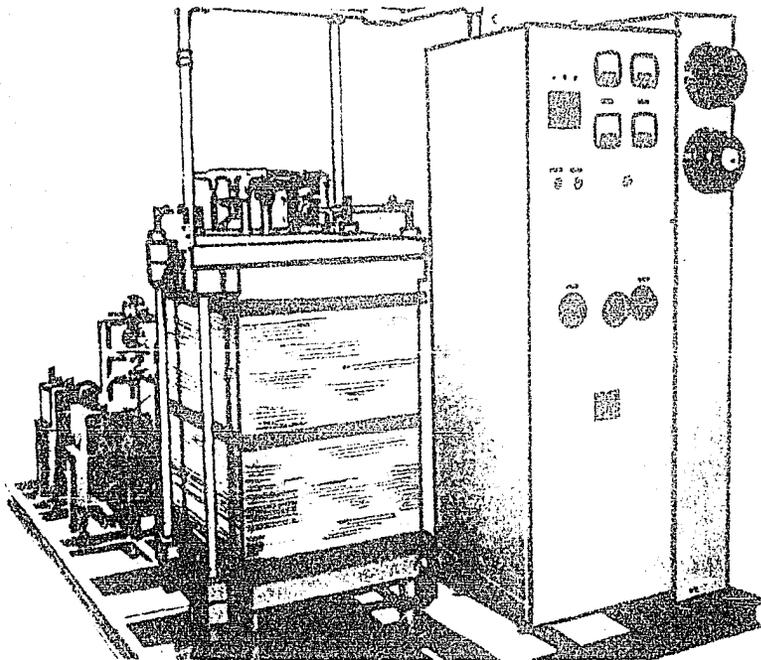
ESQUEMA DE ELECTRODIÁLISIS

Interponiendo entre cátodo y ánodo, una serie de membranas a base de resinas cambiadoras de iones, que conducen la electricidad bastante bien y tienen una duración razonablemente larga, se produce agua pura.

La acción molecular de las resinas para el cambio de iones es poco comprendida; es como si las membranas tuvieran pequeñísimas perforaciones, que en realidad son de carácter eléctrico, debido a diferentes cargas eléctricas en los iones y moléculas de las membranas.

Por fortuna, las membranas se pueden fabricar de una manera bastante económica y tienen un espesor de 0.127 mm.

Los equipos de electrodiálisis producen agua dulce, a un costo que fluctúa entre \$6.25 y \$12.50, por cada 4,000-litros.



EQUIPO COMPLETO DE ELECTRODIALISIS

c) OSMOSIS INVERSA

En este método, una sola lámina de membrana obstaculiza la salida hacia un recipiente de agua salada, que se conserva a una fuerte presión por medio de una bomba.

La membrana, aunque muy delgada, es suficientemente fuerte para soportar la presión y es apoyada por una rejilla; el agua salada circula contra una de sus caras. Esta

cara tiene una piel dura y resistente, mientras que el -- cuerpo de la membrana es más suave y menos denso.

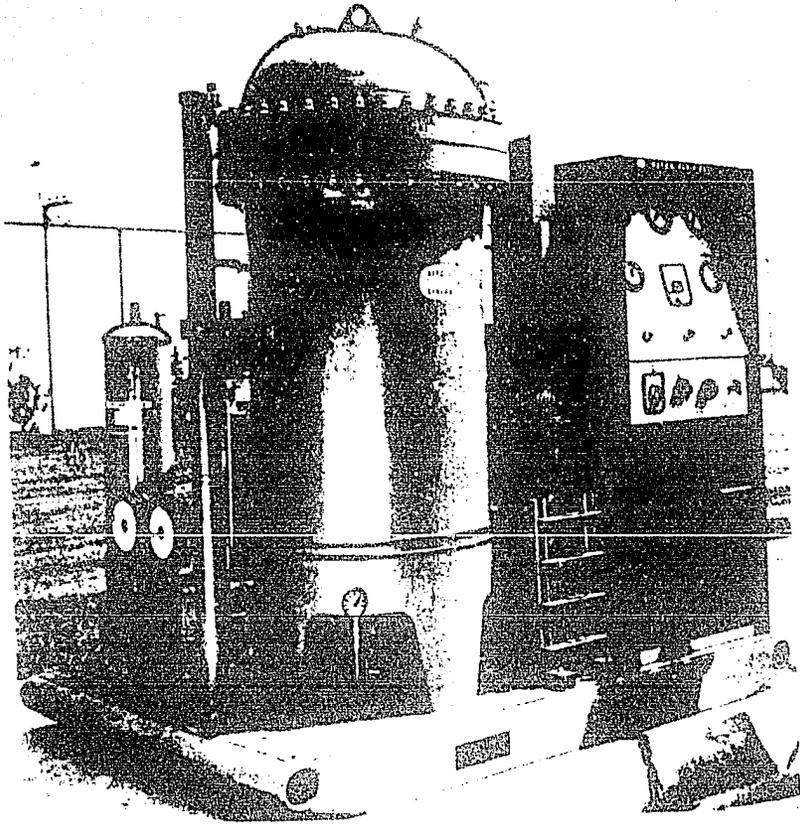
La piel permite el paso de las moléculas de agua con cierta facilidad si la presión es elevada, pero no dejará pasar los iones de sal con la misma facilidad.

El sistema de ósmosis inversa, no funciona a una presión inferior a 63.27 Kg/cm^2 y ordinariamente funciona a 105.46 Kg/cm^2 para una máxima eficiencia.

La Aerojet General Corporation, fabricante de motores espaciales en California, ha empezado a fabricar unidades que son muy compactas y producen agua dulce del agua salada del mar, en una escala de 40,000 a cerca de 160,000 litros por día.

La única desventaja es la presión excesiva, que requiere una sólida construcción de acero y que aumenta el peso de la unidad. Para compensar esto, los requisitos de energía son muy pequeños.

Una membrana y una bomba de $7\frac{1}{2}$ caballos de fuerza, es todo lo que se necesita para producir 40,000 litros de buena agua potable por día.



*Esta unidad compacta de ósmosis inversa, produce cuarenta-
mil litros diarios de buena agua.*

d) CONCLUSIONES

De los sistemas que hemos analizado para potabilizar el agua de mar, el que más se usa actualmente en los barcos es el de evaporación, sólo que el equipo, instalación y mantenimiento resultan costosos; siendo uno de los problemas más graves el de la sedimentación, así como el fenómeno de la corrosión.

En los modernos diseños de evaporadores, se ha reducido la formación de escamas, por medio del tratamiento químico de la solución salina, antes del calentamiento. Para tratar de evitar la corrosión una defensa que se tiene, es el revestimiento de teflón para las tuberías; otra es el empleo de nuevas aleaciones de cobre y por último, sustituir la tubería de cobre por tubería de titanio.

Los dos sistemas de membrana son muy prometedores a pesar de sus limitaciones, es decir, tienen ventajas en cuanto a ocupar poco espacio y relativamente poca potencia (eléctrica ó mecánica) para funcionar, pero no proporcionan el mismo grado de pureza del agua de los evaporadores, aunque en compensación necesitan menor mantenimiento que aquellos.

C A P I T U L O 3

TANQUES Y CARGA DE COMBUSTIBLE

La peligrosidad que engendra el transvaso y almacenamiento de combustibles, sea de la índole que sea, hace indispensable que el técnico encargado de diseñar y llevar a efecto una instalación de esta clase tenga los conocimientos superiores capaces de dar una garantía, de acuerdo con las exigencias que una construcción naval, como es una embarcación de gran tonelaje requiere. Consideramos por tanto, que el Ingeniero Mecánico Electricista puede tener magnífico desempeño en este tipo de instalaciones, lo que tratamos de subrayar con la exposición siguiente:

a) ESTUDIO EN UN BUQUE DE 15,000 TONELADAS

Para poder realizar este estudio hemos considerado conveniente referirnos a un buque de 15,000 toneladas, puesto que sería arduo referirnos a buques en general.

Esta clase de buques suele constar generalmente de doce tanques dobles, dos departamentos de bombeo, dos Cofferdanes, y un depósito de almacenamiento de combustible cerca de la casa de máquinas destinado al consumo del buque.

Los tanques de carga son numerados de popa a proa, del número 1 al 12 en este caso concreto, a los últimos

tanques se les denomina el doce de babor y doce de estribor.

A popa de los tanques numeros doce se tienen el once, el diez y el nueve, y a popa del tanque nueve, existe un departamento de bombas llamado el cuarto de bombeo de proa, en donde hay instaladas bombas con una capacidad global de carga o descarga de aproximadamente 450 toneladas por hora.

Continuando la descripción hacia popa se encuentran los tanques ocho, seis y cinco, y en la parte posterior del tanque cinco, se encuentra el otro departamento de bombeo, llamado el cuarto de bombeo de popa y que es similar al anterior.

Siguiendo hasta popa tenemos los tanques cuatro, tres, dos y uno.

Tuberías y Válvulas.

Para estos buques de 15,000 toneladas, cuya finalidad es transportar combustible líquidos, hemos considerado los adelantos de la tecnología de 1913, tales como los sistemas de carga y descarga, ya que los accesorios de tubería y bombeo permanecen constantes, con las excepciones de la modernización y perfección de algunos accesorios.

Estos buques suelen estar dotados de dos redes de tuberías principales una a cada lado del mamparo longitudinal y en dirección de proa pasando a través de cada tanque

de carga y por cada departamento de bombeo. Estas tuberías generalmente son de doce pulgadas de diámetro interior y hechas de hierro colado, el cual resiste bastante bien los efectos de la corrosión.

En todas las tuberías debe de haber válvulas comunes y valvulas maestras. Las primeras no necesitan de explicación puesto que ya son conocidas, pero las segundas tienen la característica de facilitar el aislamiento de ciertas secciones de la tubería en relación con las demás secciones del buque.

Dichas válvulas maestras tienen una gran importancia, puesto que cuando transportan distintos tipos de aceites, evitan que los diferentes grados corran a través de toda la tubería y no penetren en tanques de otro tipo de combustible.

Estas válvulas suelen estar instaladas en la parte media de las tuberías, y éstas a su vez están unidas mediante bridas a la tubería, para las uniones suelen usarse empaques de cartón.

Para evitar que se abran o se cierran válvulas que no deben moverse, lo más común es pintarlas de colores, generalmente se usa el rojo para las válvulas de los tanques de las tuberías de babor y verde para las válvulas de las tuberías de estribor. Las válvulas en los tanques modernos, se han normalizado su manera de operar. Si se giran hacia la derecha se abren y a la izquierda se cierran,

En los buques modernos las válvulas maestras se pintan de blanco, las válvulas para el aire se pintan de negro y las de vapor de blanco, y no puede haber una confusión con las válvulas maestras ya que las válvulas de vapor están colocadas sobre los tanques de carga a los que pertenecen.

Si observamos hacia el fondo en un tanque de carga vacío se verá, que en cada espacio hay una tubería de vapor que se utiliza para calentar la carga cuando ésta lo requiere. Esta tubería no es otra cosa que serpentines los cuales se fabrican generalmente con tubos de dos pulgadas de diámetro interior y que son probados en su construcción a 21 kilogramos de presión, esto se hace con el fin de evitar que pueda haber alguna filtración de agua o vapor a la carga. Por regla general la superficie de calefacción suele ser de 0.02832 m^3 por cada dos toneladas métricas de carga existente en el tanque.

En los tanques de combustible de consumo del buque, la superficie de calefacción es $.02832 \text{ m}^3$ por cada tonelada métrica de carga.

Esto se hace necesario con el fin de evitar que la temperatura de la carga baje cuando se navega en aguas frías, ya que la carga tendrá la misma temperatura, es decir, por ejemplo: cuando se transporta petróleo crudo la temperatura baja se hace mas denso y viscoso, por lo tanto, las bombas tendrán que hacer un trabajo mayor para moverlo, y también aumentará el tiempo de descarga cuando

llegue a su destino, por regla general se tendrá una temperatura de 37.8°C para así obtener una mayor eficiencia en el bombeo.

En los buques más modernos, se han instalado unos inyectores de vapor en la parte superior de los tanques de - tal manera que se pueda evitar incendios. La tubería de vapor de estos inyectores está unida, a la tubería principal de vapor en cubierta.

Todos los tanques están provistos de una escotilla para el acceso al tanque y en la tapa de esta escotilla se tiene una ranura, por la cual se puede observar el interior del tanque. También sirve para la salida del aire y gases cuando se está cargando, también sirve para sacar muestras de la carga y para que pueda fluir el aire cuando se está desgasificando el tanque. Para la desgasificación del tanque se usan las válvulas de aire de las que ya hablamos anteriormente.

En todos los tanques modernos suele emplearse tubería de salida de gases que es generalmente de 3 pulgadas de diámetro, la cual está instalada a todo lo largo del buque con un ramal para cada tanque de carga. Su extremo anterior se extiende hacia arriba siguiendo el mástil de proa hasta aproximadamente unos tres metros arriba de la luz de situación y pasa completamente libre de la chimenea y luces de los mástiles, para evitar que los gases puedan tener contacto con alguna chispa o flama y así evitar serios accidentes.

Cuando se llevan diferentes combustibles en un mismo buque, deben evitarse que las válvulas estén abiertas, puesto que los gases producidos por uno de los combustibles de algún tanque puedan introducirse a otro lo cual puede afectarlo, bien disolviéndose o bien alterando sus características, tales como bajar su punto de inflamación lo cual resulta ser muy peligroso ya que una variación en la presión o en la temperatura pueden provocar incendios graves.

En todos los departamentos de bombeo existen además de las bombas, tuberías de descarga al mar, válvulas, tuberías principales, tuberías de descarga a cubierta, bombas de achique, etc.

En dichos departamentos de bombeo, es donde se verifican las regulaciones del flujo de fluidos necesarios para el buen funcionamiento del buque, es decir achicar sentinas, descargar o cargar, bombear agua de mar, agua potable, etc.

La operación de carga se puede efectuar de dos maneras diferentes, bien sea, que la carga llegue por la tubería de cubierta, hasta el departamento de bombeo y de ahí por medio de la tubería principal se le deposita en el tanque correspondiente, o bien la otra manera que consiste en recibir la carga después de la tubería de cubierta y mediante combinaciones en las tuberías llevarlas directamente a los correspondientes tanques, sin necesidad de pasar por el departamento de bombeo.

Una de las líneas en que debe ponerse el máximo cuidado es la línea de toma y descarga de agua de mar, se ha de procurar que las válvulas de esta línea estén bien cerradas, ya que ha habido ocasiones en que cuando se está cargando por un lado, por otro lado se está cayendo al mar.

b) TRANSPORTE DE PETROLEO CRUDO

En muchos países donde no se tienen yacimientos de petróleo, se han construido refinerías y por lo tanto se lleva el petróleo crudo de los países productores, en estos buquetanques.

El petróleo crudo obtenido en las diferentes partes del mundo varía considerablemente, en cuanto a sus características tales como: gravedad específica, en productos derivados de la destilación, etc., pues algunos de ellos son más o menos ricos en gasolinas, en bencinas, en parafinas, etc.

Como dichos derivados tienen diferente punto de inflamación, hay que tomar muchas precauciones en el transporte del petróleo crudo puesto que este tiene muchos puntos de inflamación.

Se saca el crudo de los pozos petroleros y se almacena en unos tanques en tierra cubiertos con arcilla para que se sedimenten las arenas, agua y demás productos minerales, y de esta manera poder bombear con mayor facilidad el petróleo a los buquetanques para que sea transportado a las refinerías.

Los tanques de almacenamiento en estos buques son de acero y deben ser inspeccionados y aprobados por un inspector, el cual certificará si en el momento de la carga es--tán secos y limpios, ya que de otra manera se puede hechar a perder la carga.

Antes de comenzarse a bombear deben apagarse todos - los fuegos que puedan representar peligros de incendio, -- evitar cocinar a bordo, conectar las mangueras de vapor de tierra a la tubería de vapor del buque para empezar a mo--ver las bombas, los generadores de corriente deben de per--manecer cerrados, etc.

Se debe examinar la válvula del extremo posterior de la tubería de cubierta próxima a popa y revisar la tubería por la cual se va a conducir la carga, esto se hace con el fin de evitar que en ella haya otro líquido, como agua sucia que se hubiere bombeado durante el viaje. También se debe estar seguro de que la válvula esté hermeticamente cerrada ya que puede suceder lo que explicábamos anterior--mente, que el combustible sea bombeado y caiga al mar.

Se debe tener cuidado de que no estén abiertas la ta--pas de los tanques cuando se hace la carga o la descarga, - solo debe de quedar el orificio indispensable para que pueda pasar la sonda al tanque, muchas veces según el tipo - de carga se hace funcionar el flujo de aire en los tanques para evitar que se formen gases peligrosos en ellos, o si se tiene la tubería de gases se expelen a la atmósfera.

Antes de cerrar los tanques se toman medidas de precaución en relación al vacío, temperatura y muestras que deben tomarse para el viaje.

Al dejarse el puerto de carga se bombea agua de mar a través de las tuberías usadas en la carga para limpiarlas de gases y residuos peligrosos o de sedimentos que puedan ser fuente de peligro al navegar por zonas cálidas.

Al llegar al puerto de descarga el inspector deberá tomar medidas y muestras de la carga con el fin de tomar las precauciones necesarias en la descarga.

Al estar conectadas en el puerto todas las mangueras para ser usadas en la descarga, se debe de bombear muy lentamente y revisar los empaques en las uniones de las mangueras para asegurarse de que todo funciona satisfactoriamente, después las bombas trabajarán a su capacidad normal.

Al acabar de descargar, si el buque va a regresar a su destino vacío, durante el viaje deberá hacerse la limpieza de los tanques y de las tuberías usadas en la descarga.

c) TRANSPORTE DE ACEITES LUBRICANTES

Al igual que en el transporte de otros fluidos, el inspector de puerto debe de revisar y certificar la limpieza de los tanques, en este caso deben ser muy exigentes en el aspecto limpieza ya que de otra manera un lubricante con basura, o con agua no tiene la eficiencia necesaria.

Antes de cargar nuevamente aceites lubricantes, deben verificar una estricta revisión de las tuberías y las bombas que van a ser usadas, las cuales deberán estar perfectamente limpias y secas.

Si la carga que va a ser transportada incluye diferentes tipos de aceites lubricantes, deben obtenerse toda la información posible de cada uno de ellos, con el fin de -- planear debidamente la forma más conveniente de llenar los tanques.

Debe tenerse cuidado al llegar al puerto de descarga, que los aceites de colores claros sean los primeros en descargarse, ya que puede acarrear perjuicios, mezclar un poco de aceite oscuro con los claros, que mezclar un poco de claro con los oscuros.

En algunos casos, como ya habíamos visto, el aceite se puede cargar directamente por la escotilla de los tanques, es muy bueno este procedimiento en este caso, ya que el aceite no pasará a través del cuarto de bombas, si no -- que en muchos casos se usará una manguera flexible unida -- directamente a la tubería de carga de tierra y no es peligroso ya que los aceites lubricantes no despiden ningún -- gas inflamable.

Cuando se toman medidas de precaución de vacíos o de temperaturas o se toman muestras de los aceites lubricantes, deben reservarse los instrumentos usados solo para -- productos similares, evitando ser usados para otros productos de diferente punto de inflamación como en el caso --

en que se transporte bencina o kerosena.

Si en un buque se transportan cargas mixtas, debe tenerse cuidado de que todas las válvulas estén cerradas, -- con el fin de que se pueda evitar producir mezclas de diferentes productos.

d) TRANSPORTE DE ACEITES COMBUSTIBLES

Aquí el término combustible es usado para los productos del crudo más pesados, es decir, que son productos muy viscosos y por lo tanto es muy baja su fluidez. La viscosidad varía según la temperatura y algunos combustibles -- que son sólidos a 15.6°C llegan a ser muy fluidos y de fácil manejo cuando se les calienta a una temperatura moderadamente más alta.

Todos los tanques modernos como ya hemos dicho anteriormente tienen un serpentín en cada tanque y por donde -- se hace circular vapor, de esta manera se facilita la descarga en los puertos, al fluidificar el producto.

e) MANGUERAS FLEXIBLES Y SUS CONEXIONES

Siempre se usan las mangueras flexibles en las operaciones de carga y descarga de buquetanques, lo cual facilita la conexión de las tuberías de tierra, con las tuberías de cubierta del buque.

Existen cuatro tipos diferentes de mangueras flexi--bles de uso general:

1. Manguera flexible de cobre que está formado por tiras de cobre o de algún material similar enrollados muy fuertemente para hacerla perfectamente estanca.

2. Consiste en manguera de acero flexible que está formada por tiras de acero maleable enrolladas fuertemente para hacerla perfectamente estanca.

3. Manguera de alambre, formada por alambre de acero enrollado en espiral y cubierto con arrollamiento de lona.

4. Clase de manguera de uso general es la de hule, que está compuesta de caucho fuertemente arrollado en el interior y por el exterior de una alma de alambre; en su parte exterior se protege de raspones por medio de una cubierta de lona.

Las uniones de estas mangueras se hacen generalmente de bronce o latón, por consiguiente, se considera el mejor tipo de manguera aquel que se usa para carga y descarga de aceites peligrosos y que por si algún accidente cae sobre la cubierta o fricciona sobre alguna pieza de hierro o acero no produzca chispa por el choque.

Cada tramo de manguera flexible va provisto de una conexión en cada extremo para facilitar la unión de unos tramos con otros y la tubería de cubierta del buque a la de tierra.

Las conexiones tienen generalmente orificios de 5/8" para facilitar su unión al tramo siguiente o tubería, me-

diante tornillos y tuercas.

Las mangueras flexibles pueden doblarse en cualquier dirección, pero debe tenerse cuidado de que no se formen cocas o que se produzcan estrangulamientos al doblarse.

Cuando se está bombeando aceite a través de las mangueras, a una determinada presión, puede suceder que la manguera se rompa si se ha formado un dobléz brusco o coca. Este peligro debe ser considerado para todas las mangueras flexibles.

En algunos puertos, cuando se cargan o descargan aceites peligrosos, se usan grapas para unir las conexiones de las mangueras entre sí, que pueden ser fácilmente retiradas en caso necesario, para desconectar rápidamente. Se usa empaque de cartón generalmente como junta entre dos conexiones de tubería.

Es costumbre tener siempre una pluma o pescante en posición adecuada para soportar la manguera flexible cuando se carga o descarga, la pluma o pescante está provista generalmente de un aparejo y estrobo que se pasa alrededor de la manguera para soportar el peso de la misma que se encuentra fuera del buque y para prevenir su deterioro con la plancha del trancanil. Las mangueras flexibles deben conservarse lo más posible al nivel de la tubería rígida a la que se conectan, de tal manera que la carga pueda entrar a ras de la manguera directamente. Algunas veces + acontece que la tubería de tierra o la manguera flexible o la tubería del buque, son de diferente diámetro, en este -

caso es necesario el empleo de reducidos o piezas reductoras para hacer la conexión.

Las dimensiones de los reducidos de uso general son -- de: 12 a 10", de 10 a 8", de 9 a 6", de 8 a 6" de 8 a 5", de 6 a 4", de 6 a 3", y de 4 a 3". El nombre explica su -- uso, es decir, reducir el diámetro para unir tuberías o -- mangueras de diámetros distintos.

Otros accesorios de descripción similar son los adaptadores que se encuentran de uso general en los buquetan-- ques. Estos son usados exactamente con el mismo objeto -- que los reducidos, pero en lugar de tener conexiones en -- sus extremos, están provistos de rosca y un collarín que se aprieta por medio de una llave especial que se suminis-- tra con las mangueras.

Los extremos diferentes de estos adaptadores son generalmente llamados "macho" y "hembra".

La presión máxima a que debe trabajar una manguera -- flexible es de 5.6 kilogramos por centímetro cuadrado, si el manómetro señala mayor presión que está, la bomba debe-- moderarse y la presión bajará. Si el manómetro señala una gran contrapresión, indicará alguna de las causas siguientes:

1. El aceite se está bombeando a gran distancia.
2. El aceite se está enviando a un tanque que ya tie-- ne una buena altura de aceite.
3. Que alguna de las válvulas puede no estar abierta

totalmente.

4. Que el aceite se está enviando de una tubería de mayor diámetro a otra de menor diámetro.

5. Que la altura del tanque receptor está más elevada en relación a la del buque.

6. Que el buque puede tener una gran diferencia de altura en relación a la bomba que se encuentra al nivel del espigón en el período de la baja mar.

Cualquiera o todas esas circunstancias harán que la contrapresión se muestre sobre el manómetro del cuarto de bombas.

Las mangueras flexibles que se usan ahora en la extremidad de las tuberías submarinas son hechas de material especial, y es lo más fuerte que pueden obtenerse. Estas son generalmente mangueras de caucho como se han descrito anteriormente, tratándose especialmente de enderezarlas a fin de hacer frente al uso brusco que reciben.

Hay generalmente cuatro longitudes de 6 metros atornilladas en conjunto. Cuando los tramos en el fondo del mar por no estar en uso, se deterioran debido al movimiento originado por la resaca (*) y puede asegurarse que las mangueras flexibles reciben mucho deterioro por esta causa.

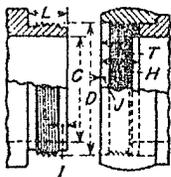
(*) NOTA: La resaca en el fondo es suficiente para evitar que un buzo se conserve de pie.

La manguera flexible exterior de una tubería submarina tiene un maguito engrapado próximo a su extremo, éste tiene un orificio en el que se engancha el alambre para izar la manguera, por medio del aparejo del buque que mantiene el peso de la manguera durante la carga o descarga.

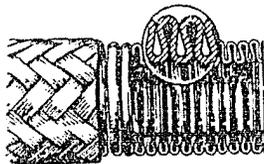
Someramente, la tubería flotante es hecha de varios tramos de tubería de acero soportada por tambores y una manguera flexible que coloca cada 20 metros de tubería de acero para hacer permitir cierta flexibilidad al conjunto.

Todos los tanques llevan cierto número de mangueras flexibles y reducidos, listos para cualquier emergencia. En algunos puertos en donde los buquetanques no pueden atracar debido al calado, es muy común acercarse lo más posible al muelle y después colocar flotadores o barcazas entre el buque y el espigón y conectar las mangueras flexibles mientras se descarga una parte de la carga, a fin de que el buque quede en calado y pueda atracarse al muelle.

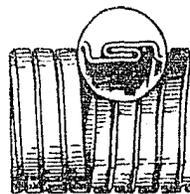
Las mangueras flexibles deben también ser usadas en caso de accidentes si las tuberías de los tanques se llegaran a romper.



Forma típica del cople o maguito de acoplamiento.



Manguera metálica flexible.



Manguera metálica flexible del tipo trabado.

C A P I T U L O 4

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO

a) LA NECESIDAD DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION

El fuego es el peor enemigo natural de la industria.- En los Estados Unidos de donde se poseen datos bastante exactos, el promedio anual de perdidas por incendio en la rama industrial es de 1 150 000 000 dólares. En México -- desgraciadamente no se obtienen datos precisos, pero deduciendo los costos del seguro de Incendio, deben ser proporcionales a los de los Estados Unidos, ya que los costos de los seguros lo son. Lo que el fuego afecta es lo que mayor destrucción sufre.

La Industria Mexicana actual se ha desarrollado grande y rápidamente y por lo mismo su violento y no bien planeado crecimiento ha dado lugar a no poner la debida atención a los problemas aparentemente secundarios, como son la prevención y combate de incendios.

Por otra parte la automatización ligada a la nuevas industrias y aparatos, las mayores áreas requeridas, el más numeroso personal, el mayor uso de motores y de energías cada vez mayores, los equipos viejos, el mantenimiento y crecimiento yuxtapuestos, han creado nuevos y muy graves riesgos de incendio.

El fuego puede causar la desaparición física de una empresa o puede causar un paro físico más o menos durable de desastrosas consecuencias económicas y puede dañar mortalmente a sus trabajadores, lo que desgraciadamente se comprueba con regularidad.

b) CAUSAS Y METODOS DE EXTINCION DE UN INCENDIO

De un modo simple, el fuego puede ser descrito como la rápida oxidación de un cuerpo en desarrollo y su transformación en calor y luz. El fuego puede subsistir mientras exista el elemento combustible, el oxígeno (u otro agente oxidante) y el calor suficiente para mantener esta combustión. Esto ha sido dado en llamar el triángulo del fuego y por consecuencia la extinción o supresión de la combustión se logra al eliminar cualquiera de los tres factores mencionados: Separación del combustible, por exclusión del oxígeno o por reducción suficiente de la temperatura.

En la estimación de los peligros que crea el fuego hay dos líneas de investigación: (1) la probabilidad de originar un fuego y (2) la extensión que éste pueda desarrollar. Recíprocamente la Protección Contra Incendio se basa en: (1) la eliminación de posibles causas de fuego y (2) la limitación de su desarrollo o propagación por: (a) barreras físicas y (b) por extinción o control, y de ésta precisamente nos ocuparemos haciendo uso para ello de los sistemas fijos.

En la técnica Contra Incendio se pretenden adquirir - fundamentalmente criterios, pues las fórmulas y datos básicos puramente científicos son establecidos por las Organizaciones y Asociaciones dedicadas a ello y son principalmente obtenidas de experiencias de laboratorio y de incendios reales.

Los sistemas fijos oficialmente reglamentados y aprobados son: (1) Los rociadores automáticos de agua a temperatura fija, (2) Los diluvios de agua por rociadores -- abiertos o por boquillas de niebla, (3) Sistemas de Espuma y bajo ciertas condiciones especiales, (4) Los Sistemas de CO₂ y (5) Los Sistemas de Polvo Químico.

Un sistema fijo de Protección Contra Incendio es una red de tubería especialmente diseñada para descargar por medio de boquillas, toberas, rociadores, cámaras, etc., el elemento extinguidor o de control adecuado para extinguir o controlar un fuego incipiente, dentro de sus primeras -- etapas en el área o elemento que protege. Lo que implica que el fuego debe ser descubierto en un principio, pues cada segundo que pasa posterior a su iniciación va elevando su potencia hasta hacer imposible su control. Esto quiere decir que los sistemas de extinción deben ser en general = de operación automática con el objeto de dar ese rápido - ataque que se requiere, pero también pueden ser semiautomáticos y efectuando algunas modificaciones lograr un ataque rápido, seguro y sin lugar a fallas. Los reglamentos - de seguridad y las experiencias así lo han apreciado y han

establecido la operación automática como fundamental y la operación manual como aceptable bajo ciertas condiciones especiales.

Debido a lo anterior describimos únicamente los sistemas de operación automática, ya que los manuales son básicamente iguales con la excepción de que el inicio de su operación se hace con intervención de alguna persona.

c) ROCIADORES AUTOMATICOS A TEMPERATURA FIJA

"El sistema de rociadores automáticos es por mucho el más importante de todos los aparatos de Protección Contra Incendio" según se describe textualmente en el Manual de la National Fire Protection Association Internacional.

El sistema de rociadores automáticos es muy simple. - La zona protegida lleva redes de tuberías de agua hidráulicamente diseñadas que traen el agua de la fuente de abastecimiento y los rociadores están en el techo, conectados a estas redes regularmente espaciados de acuerdo con el riesgo que protegen. El rociador es una pequeña válvula normalmente cerrada por una tapa sostenida por un juego de palancas que tienden a destaparla, pero que están sujetas por un fusible que despega cuando el calor del fuego llega a su temperatura de fusión abriéndola y descargando entonces el agua de la tuberías rociando éstas en forma de una cúpula sólida que irriga adecuadamente un área útil reglamentada de máximo 4.60 mts. de diámetro.

Con la descarga de cualquiera de los rociadores se --

inicia simultáneamente una alarma que generalmente es de motor hidráulico y otras veces eléctrica. El agua prácticamente ha sido el único elemento universal de control de incendios desde siempre, pues por su propiedad de absorción de calor y por consiguiente enfriamiento lo han hecho el más definitivo en el combate contra incendio.

Según la forma de operación general del sistema, se clasifica en:

"Tubería cargada". En que las redes de agua están cargadas de agua a presión desde la fuente principal de abastecimiento. Este es el más común en México.

"Tubería seca". En el que la tubería de los rociadores está sin agua y en cuanto opera un rociador se llena ésta de agua y empieza a descargar el rociador. Este sistema se usa en lugares expuestos a congelación'

"Preacción". En el que un sistema auxiliar de detección a base de bulbos de cobre regularmente espaciados e interconectados a la válvula del sistema (normalmente cerrada) por medio de tubos capilares de cobre que transmiten la presión provocada por el calor del fuego (relevar la presión de cambios de temperatura normales) y la aplican contra un diafragma que se expande y por medio de un juego de palancas deja caer un peso que instantáneamente suena una alarma y abre la válvula dejando pasar el agua a las tuberías de los rociadores, dejando unos segundos de ventaja entre la detección del fuego y en el que una persona alerta puede extinguirlo usando extinguidores ma-

nuales y antes de que él o los rociadores operen.

Este sistema se usa en donde el daño por agua desea evitarse al máximo o en donde se desea seguridad extra de operación.

Respecto al daño por agua podemos decir que el sistema de rociadores automáticos es el que menos moja, ya que un rociador atacando a un fuego descarga 3,785 L.P.M. -- por metro cuadrado dando la alarma instantáneamente y si se toma en cuenta que la manguera de incendio más pequeña descarga 133 L.P.M. en chorro sólido durante todo su trayecto para llevarla al lugar de fuego. La eficiencia obtenida con rociadores es del 96.2%.

d) SISTEMAS FIJOS DE DILUVIO Y NIEBLA AUTOMÁTICA

Los sistemas de diluvio o de niebla funcionan también a base de agua y se diferencian del sistema de rociadores en que mientras éste se abre, según el fuego bajo ellos lo va requiriendo, en aquellos la descarga es instantánea en todos los rociadores abiertos en las boquillas conectadas al sistema que opera. Estos sistemas son indicados en -- riesgos de fuegos de muy rápida propagación y que por lo tanto requieren que el sistema de protección "vaya adelante" del fuego, por diluvio en toda la zona peligrosa.

Los rociadores abiertos son iguales a los rociadores automáticos y hacen una descarga igual a éstos, sólo que como se ha dicho todos los de un sistema operan a la vez.

Los sistemas de niebla, hacen un rocío más fino y directo que el de los rociadores y sus boquillas fijas están diseñadas con el fin de hacer un detallado cubrimiento del cuerpo o elemento a proteger.

Los sistemas de diluvio efectúan uno o varios de los siguientes efectos dependiendo de la naturaleza del riesgo y de los resultados deseados.

Extinción. En general gases y líquidos inflamables - con punto de combustión menor de 52°C son difícil de extinguir con rocío de agua. Los de temperaturas mayores no - son difíciles de extinguir.

La extinción puede ser lograda por uno de los siguientes métodos o por la combinación de varios de ellos:

Enfriamiento. El agua reduce la temperatura del material inflamado al grado de que no da suficientes vapores - para soportar la combustión.

Ahogo de vapor. El agua al convertirse en vapor, por el calor del fuego, expande su volumen en 1 700 veces y -- por consiguiente desplaza al aire. Desde luego que este - efecto se logra en lugares cerrados solamente.

Emulsificación. En líquidos inflamables no solubles - en el agua y con cierto grado de viscosidad el agua al llegar con cierta velocidad se emulsiona con el líquido inflamado, reduciendo su temperatura, su área de exposición al oxígeno y por lo tanto su combustión. Este efecto no es - muy definitivo para la extinción pero ayuda a la misma.

Difusión. En líquidos inflamables solubles en agua, ésta se mezcla hasta lograr diluir el líquido de que se trate al grado de hacerlo no inflamable. Esto sólo es práctico cuando se trata de cantidades pequeñas.

Ahogo por inundación. En líquidos más pesados que el agua ésta crea una capa superficial que evita el contacto de la superficie del líquido inflamable con el aire.

Recirculación de los gases de combustión. En áreas encerradas puede ser posible regresar los gases producidos por el fuego, por medio de descarga de niebla a alta velocidad, de manera que el fuego se ahogue por falta de oxígeno.

Control. Es este el aspecto más importante de la Técnica Contra-Incendio después de la extinción.

Hay sustancias que por su condición y forma de ser manejadas, son prácticamente difíciles de extinguir en caso de incendio y lo mejor que se puede pretender hacer es mantener su combustión bajo control de manera que no se propague o dañe el equipo adyacente. Este control se logra enfriando los elementos bajo el fuego de manera que no se calienten o se colapsen, este enfriamiento se logra por medio de niebla de agua.

Cuando un fuego está bajo control de la neblina de agua es relativamente fácil aproximarse a él para hacer maniobras de salvamento o extinción con extinguidores manuales de ahogo que en otras condiciones sería imposible efectuar.

Protección de Exposición. Donde la extinción no es práctica o donde no es deseable por poder dar lugar a la formación de gases explosivos, el fuego arde libremente y la protección de enfriamiento por medio de descarga de niebla se da a los equipos y estructuras expuestas.

Con el fin de orientar las capacidades de estos sistemas damos algunos factores reglamentarios de la aplicación de enfriamiento por medio de descargas de niebla contra incendio en casos de exposición y control:

- a. Tanques y equipo de proceso. Cubrimiento total de niebla contra incendio de 10 L.P.M. por metro cuadrado.
- b. Estructuras de acero de 6 a 8 L.P.M. por metro cuadrado.
- c. Redes de tuberías, manifolds de válvulas, bombas, de 10 a 16 L.P.M. por metro cuadrado dependiendo de los contenidos.

Estos sistemas deben ser cuidadosamente diseñados y cada caso se estudia específicamente. Hay necesidad de proveer filtros de agua adecuados, drenajes, etc. Además las redes de tubería y boquillas son hidráulicamente calculadas y diseñadas a efecto de aprovechar mejor el agua disponible.

e) SISTEMAS AUTOMATICOS DE ESPUMA

La espuma especial para protección contra incendio en

el control de líquidos inflamables, tiene la ventaja de -- que crea una capa superficial de espuma firme que ahoga de definitivamente el fuego e impide la reignición.

Se aplica a tanques de almacenamiento por medio de -- aplicadores de diferentes tipos, creados y reglamentados -- para cada caso. Sus principales propósitos son extinguir -- fuegos en líquidos inflamables y es usada eficientemente -- en extinción, protección de exposición y en prevención de -- incendios.

Existen dos formas básicas de producir espuma contra -- incendio: 1) La Química, que es producida por mezcla de -- bicarbonato de sodio, agua y ácido (sulfato de aluminio) y consiste en una masa espumosa de burbujas de Bióxido de -- carbono (CO_2). 2) La Mecánica, que es producida al agre -- gar aire a una solución de agua y un líquido espumador a -- base de proteína hidrolizada o bien un líquido espumador -- sintético.

La espuma Química ha sido usada por muchos años con -- extinguidores y equipos fijos, manuales y automáticos de -- capacidad reducida

La espuma mecánica es de moderno desarrollo y tiene -- grandes ventajas sobre la química. No es corrosiva, es más durable, estable y económica y puede ser producida con -- agua salada o dulce y es más flexible para sistemas fijos -- automáticos ya que la espumación se hace en el punto de -- descarga y en la química se hace desde el punto de mezcla -- con el agua.

La contextura de la espuma debe ser fluída y preferentemente de no muy alto rango de expansión (1:8) con el fín de que contenga bastante agua para efecto de enfriamiento y de resistencia al fuego.

La espuma química es como se ha dicho, poco práctica para sistemas fijos automáticos, por lo que terminada esta breve introducción, nos dedicaremos a la espuma mecánica.

En su formación entran en general de: 3,4,5, o 6 partes de líquido espumador (según el tipo) por: 97,96,95,94, partes de agua respectivamente.

Las formas de inyección de el: líquido espumador son variadas pero básicamente son de inducción y bombeo.

Las formas de operación de los sistemas fijos de espuma automáticos usan el sistema de detección descrito en el sistema Preacción de los rociadores.

Generalmente se descarga dentro de la superficie o -- área del líquido inflamado y actualmente se han desarrolla-- do sistemas de Diluvio de Espuma similares a los Rociado-- res Abiertos, sólo que su descarga en vez de lluvia de -- agua es de espuma, que crea una capa en el área bajo de -- ellos, con la ventaja de que pueden descargar agua por media hora como rociadores comunes, sin destruir la capa de espuma, dando esto la facilidad de enfriamiento. Las cualidades específicas de los sistemas de espuma son:

- 1) Extinción de fuegos de derrames de líquidos inflamables.

- 2) Uso altamente eficiente de las fuentes de agua.
- 3) Requerimientos de drenaje menores a los de Niebla.
- 4) Protección por su fluidez, bajo obstrucciones.
- 5) Puede usarse para cubrir un derrame de líquidos inflamables antes de que se desarrolle el fuego.

A continuación damos algunos datos de Diseño, Reglamentarios para Sistemas de Diluvio de Espuma y Agua.

1. Protección de tanques de almacenamiento en su interior, de 0.3785 L.P.M. y la duración de la descarga -- desde 15 minutos hasta 55 minutos.

2. Protección de edificios y contenidos, mínimo --- 6.6 L.P.M. de solución espumadora por 0.1 metros cuadrados de área protegida, con duración de descarga de 20 minutos.

3. Protección de equipos, mínimo 0.758 L.P.M. y preferible 9.46 L.P.M. por metro cuadrado expuesto. Con duración de la descarga de 20 minutos.

4. Protección de riesgos a la intemperie, tales como andenes de carga, tanques chicos, etc., mínimo 7.4 L.P.M. -- por 0.1 metro cuadrado pero variando de acuerdo con sus -- contenidos e igualmente la duración de las descargas.

Su diseño es al igual que el de la niebla muy especializado y deben tomarse en cuenta todas las características de cada problema.

Usualmente todos los sistemas fijos se complementan -

con estaciones de mangueras manuales a fin de controlar --
fuegos en zonas que pudieran quedar fuera de protección de --
los sistemas fijos, en México la A.M.I.S. exige además --
extinguidores manuales.

f) SISTEMAS DE POLVO QUIMICO

Su aplicación a la intemperie es posible si no hay --
viento y su uso es en fuegos de líquidos inflamables es --
muy apropiado, con el inconveniente de la reaignición.

El polvo químico seco es usualmente Bicarbonato de So --
dio con aditivos para su mejor fluidez y para evitar su en --
durecimiento. Se almacena en depósitos de presión y se --
descarga para la red de tuberías por medio de Nitrógeno a --
presión.

a) ¿QUE ES LA CORROSION?

La corrosión es, por su cuantía, el principal problema que afronta la humanidad, en sus aspectos científico - técnico y económico. Y si un ambiente es hostil a los metales, ese ambiente es la humedad. ¿Qué construcciones están en humedad constante?; las construcciones navales. Por consiguiente, consideramos dedicar cuidadosa atención a este "cancer" de los materiales, y en cuyo estudio y aplicación deben intervenir todos los especialistas en construcciones, sean de la índole que sean.

Corrosión es el deterioro de un metal debido a distintas causas: reacciones químicas, electroquímicas, etc., según el medio ambiente en que se encuentren.

Hay varios tipos de procesos de corrosión que pueden causar o contribuir a la rotura de depósitos, tanques y tuberías a presión. Abundan roturas por corrosión cuando -- las condiciones en servicio llegan a ser más severas de lo que se esperaba al hacer el proyecto del depósito, tanque o tubería a presión y elegir los materiales.

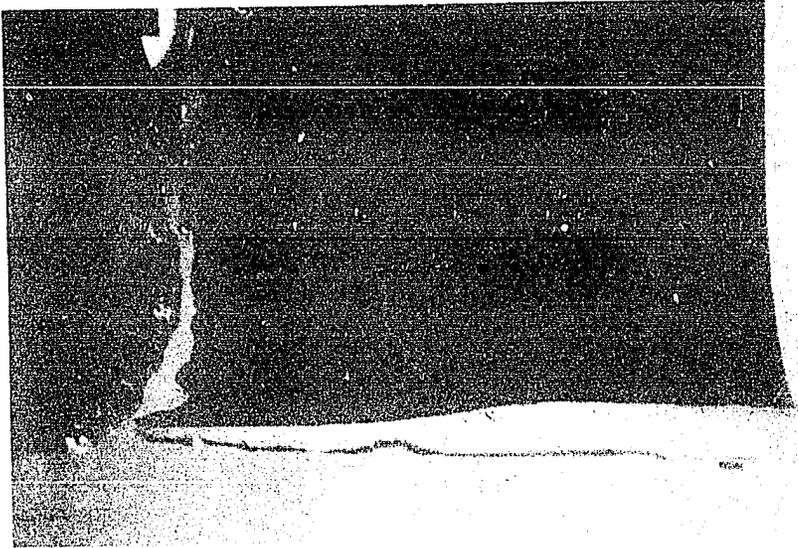
b) TIPOS DE CORROSION

Los tipos de corrosión que se presentan en la tubería de barcos son los siguientes:

1. Corrosión general
2. Corrosión galvánica
3. Corrosión alveolar
4. Corrosión aumentada por esfuerzos
5. Exfoliación
6. Erosión

1. CORROSION GENERAL

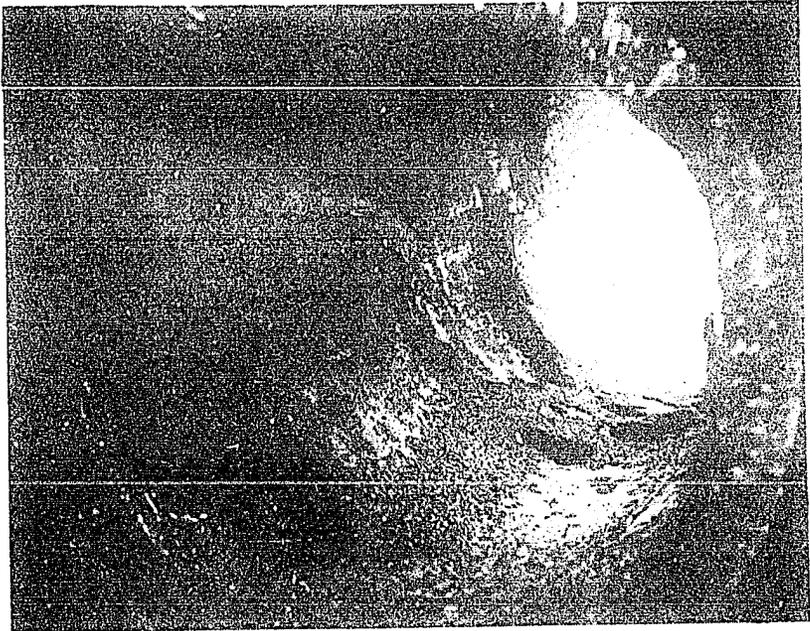
Se caracteriza por un ataque relativamente uniforme sobre la superficie del tanque o tubería. Puede ocurrir en todo el depósito, tanque o tubería o bien en una sección determinada, tal como en el fondo de un tanque.



Corrosión general de una tubería de acero al carbono de 6" (152,4 mm) de diámetro en un sistema de retorno de condensado caliente producida por exceso de bióxido de carbono en el condensado.

2. CORROSION GALVANICA

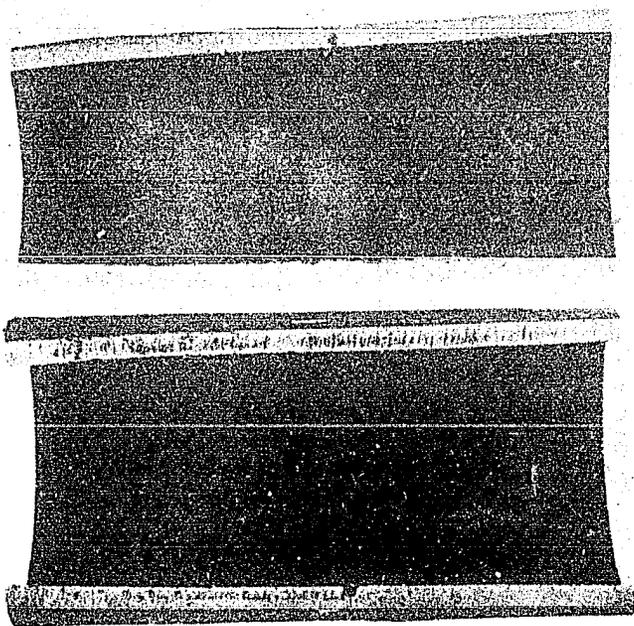
Se produce por la corriente de una pila de electrodos diferentes tales como hierro y cobre o bronce y aluminio.- Este tipo de corrosión puede presentarse cuando se unen -- por soldadura, remachado, etc., metales diferentes. Puede también ocurrir en superficies chapeadas, o recubiertas -- con ciertos metales o pinturas aplicadas inadvertidamente- o según indicaciones de proyecto.



Corrosión galvánica en tubería de descarga de bomba de alimentación de caldera, fabricada con acero al carbono tipo 120 y de 6" (152,4 mm) de diámetro.

3. CORROSION ALVEOLAR

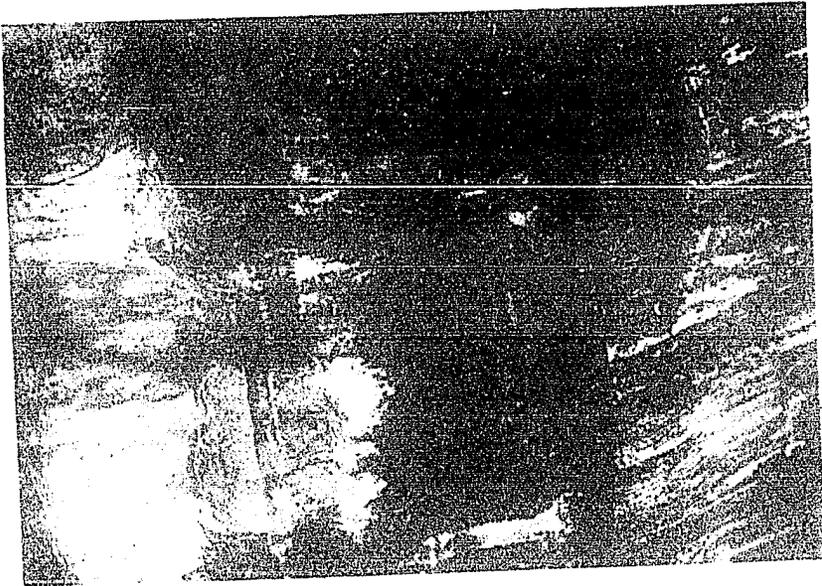
Este tipo de corrosión, que se presenta en forma de alveolos (cacariza), se da con mucha frecuencia en metales férricos y no férricos. También se describe como corrosión por concentración de micropilas, pues resulta de la existencia de potenciales electroquímicos diferentes fuera y dentro de los alveolos, por una diferencia en la concentración de oxígeno en las zonas atacadas. Los alveolos con falta de oxígeno, actúan como ánodos y el material no atacado, como cátodo.



Corrosión alveolar en una tubería de acero tipo 40 de 2" (50 mm) de diámetro, para conducción de vapor condensado.

4. CORROSION AUMENTADA POR ESFUERZOS

Este ataque puede ser el resultado de muchas condiciones diferentes. El ataque corrosivo tiene lugar en zonas que encierran tensiones residuales elevadas, tales como -- las que se hallan cerca de las soldaduras.

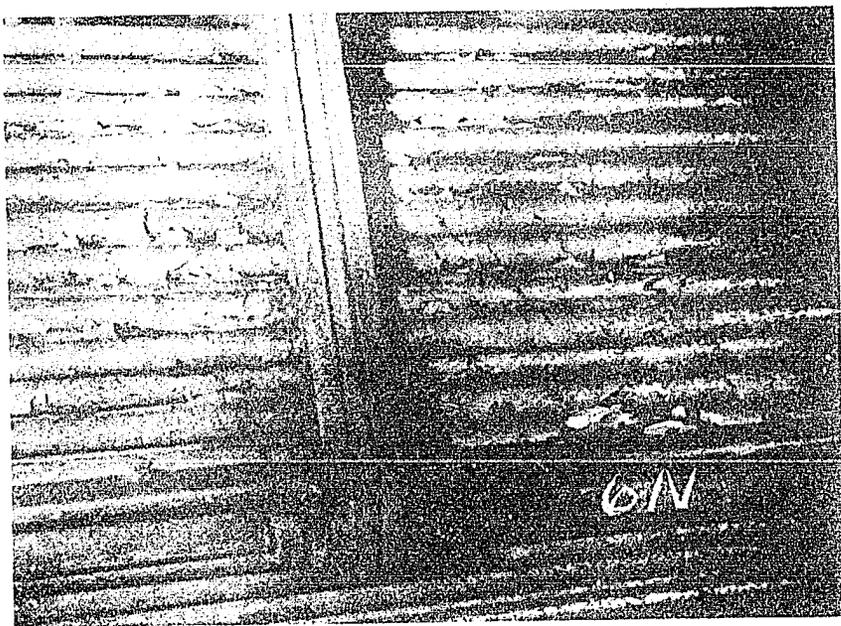


Corrosión aumentada por esfuerzos cerca de un cordón de soldadura como resultado de la acción del ácido sulfúrico y las tensiones residuales en un acero inoxidable tipo 316.

5. EXFOLIACION

Es un tipo de corrosión que progresa paralelamente a la superficie metálica. Los productos de la corrosión se presentan en forma de escamas de óxido que se desprenden de la superficie con relativa facilidad.

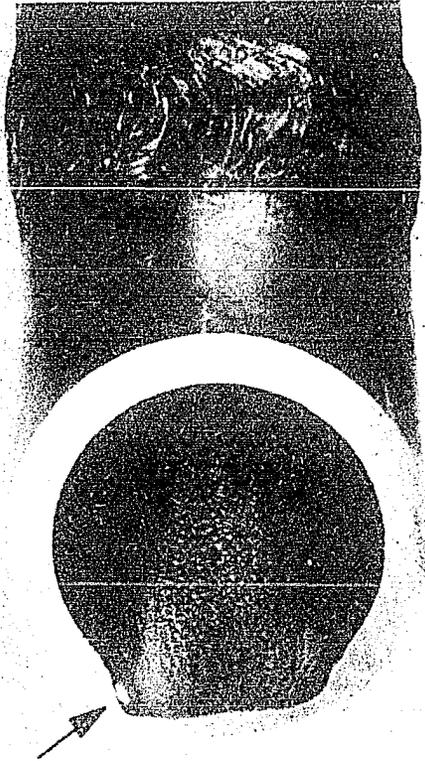
Se presenta normalmente en cambiadores de calor, tales como calentadores de agua de alimentación a alta presión, etc.



Ejemplo de ataque de exfoliación en tubos de cuproníquel 70-30 de un calentador escalonado de agua de alimentación a alta presión (16).

6. EROSION

Significa la destrucción de un metal por la acción -- abrasiva de un líquido o vapor. La presencia de partícu-- las sólidas de materiales en suspensión o líquidos arras-- trados en vapor, puede acelerar este tipo de ataque. Ade-- más, la erosión es con frecuencia aumentada por la corro-- sión.



Rotura por erosión en un codo de acero al carbono, producida por cavitación del vapor en el agua.

La erosión se presenta normalmente en zonas donde disminuye la sección de paso o existe cambio de dirección. Puede producirse principalmente en toberas opuestas de tuberías o depósitos, en deflectores de choque, en codos y - en válvulas donde existe estrangulamiento o cambio de di-rección. Cuando la erosión es consecuencia de la forma-ción y colapso de cavidades de un líquido en la superficie de contacto entre sólido y líquido, el ataque corrosivo se conoce también por cavitación.

c) RESISTENCIA A LA CORROSION

Con excepción de algunas aleaciones resistentes, las-aleaciones de aluminio tienen buena resistencia a la corrosión en atmósferas marinas.

Aunque éstas son sumamente anódicas, otros metales estructurales son usados comunmente, tales como acero o bronce, siendo susceptibles a la corrosión galvánica cuando se acoplan a ellos otros metales, estando presente un electrólito.

Va que el agua de mar es un eficiente electrólito, - se considera esencial proteger el aluminio mediante el anodizado, aislandolo de otros metales cuando está sumergido.

Cuando el aluminio se halla expuesto a la acción at-mosférica, suelen intercarse entre el aluminio y otros - metales, separadores de material aislante y muy bajo poder

absorbente, tales como; cinta de neopreno que excluye la humedad y evita la formación de partículas voluminosas corrosivas de éste metal.

d) ATAQUE DE LA CORROSION SOBRE
HIERRO GALVANIZADO Y ACERO.

Son usados extensamente para servicios marinos, en tubos desde 5 cm. y mayores, de diámetro. Pruebas de corrosión indican pequeños cambios entre hierro y acero.

El grado de corrosión nominal para inmersión total es aproximadamente de 0.127 mm/año. Concesiones necesarias son echas, como quiera que sea, para un incremento en ese grado debido a factores tales como: velocidad del flujo de agua, temperatura del agua, exposición alterna al agua y aire, y ataque galvánico por materiales no ferrosos.

Bajo las condiciones usuales encontradas, el rango de corrosión puede ser tan alto como, 1.27 mm/año.

1) Efecto de la velocidad.

Los siguientes datos de una serie de pruebas, indican el efecto del aumento de la velocidad del líquido circulante, sobre el grado de corrosión de acero suave.

Estas pruebas fueron echas para agua de mar circulando a través de una serie de tubos, variando su diámetro -- desde 1.25 a 5 cm.

Diámetro del tubo (cm)	Velocidad del agua (cm/seg)	Grado de corrosión (mm/año)
1.25	0.0	0.127
2.50	152.5	0.508
3.75	305.0	0.737
5.0	457.5	0.838

2) Efecto de la temperatura.

Datos de prueba sobre el efecto de la temperatura son más bien escasos, pero La Que indica que el grado de ataque sobre acero suave, puede ser cuando mucho duplicado -- por cada incremento de 6.67°C en temperatura de servicio, arriba de la temperatura ambiente. Por ésta razón, la aplicación de acero para tubería de agua de mar, a temperatura arriba de 50°C , es usualmente evitada.

3) Exposición alterna al agua y al aire.

Pruebas de corrosión a nivel de marea media, indican que la inmersión en agua y exposición al aire en forma alterna, puede incrementar el grado de corrosión en una proporción de cuatro a uno como máximo, sobre el grado de corrosión para inmersión continua.

El efecto frío es mitigado apreciablemente por aceite o grasa sobre el agua, permitiendo una película protectora durante el periodo de exposición al aire ó por completa sequedad durante éste período.

4) Efecto de la corrosión galvánica.

Metales diferentes en contacto eléctrico forman una -

celda galvánica cuando son expuestos a un electrolito, con la consecuente disolución o corrosión del metal anódico.

Va que el agua de mar es un electrolito efectivo y -- que es frecuentemente necesario el uso de metales diferentes en sistemas de tuberías, el problema de corrosión galvánica estará siempre presente.

La cantidad de metales anódicos que van dentro de la solución como resultado de esa acción, es directamente proporcional a la cantidad de corriente que fluye y el rango de penetración, es una función de la densidad de corriente sobre el área del ánodo expuesto.

Por esto, el control de esta forma de corrosión puede ser efectuado, limitando la cantidad de corriente y exponiendo relativamente grandes superficies de ánodo, en orden a reducir la densidad de corriente.

En sistemas de tuberías está reconocido que grandes áreas de materiales catódicos, tales como: cobre, bronce, aleaciones de níquel, aceleran la corrosión del acero.

Bronce preparado para una válvula de acero o hierro -- es usado satisfactoriamente, porque sus efectos están distribuidos sobre un área relativamente grande, de la pared-opresora del cuerpo de la válvula.

No obstante, cuando la tubería de acero está conectada a una bomba de bronce, el área relacionada es mucho menos favorable y es esperada una rápida corrosión del tubo de acero, a menos que se tomen precauciones convenientes.

Revestimientos de pintura sobre el área de bronce son insatisfactorios, ya que la reacción catódica tiende a destruir la adhesión del revestimiento en la superficie.

Juntas atornilladas entre acero y secciones no ferrosas de tubo, no son recomendables, debido a que el agua -- que entra a la junta, establece una celda galvánica, localizada en una región donde el metal está ya adelgazado, -- por causa de acciones sucesivas. El bronceado de tales -- juntas es lo más aconsejable.

e) TUBERIA USADA EN MEDIOS CORROSIVOS

Tubos de hierro negro.

En tanques de servicio con revestimiento galvanizado, son evitados, para el sistema de manejo de carga, ya que -- el zinc es incompatible con algunos productos petroleros.

La línea de tubos usada para los servicios de carga y lastre de agua de mar, está expuesta a rangos de alta corrosión cuando el cargamento es de productos petroleros, -- el cual no permite una película protectora durante el período de inmersión en agua de mar.

Tubería de materiales no ferrosos.

En sistemas de tuberías para agua de mar, diámetros -- de 3.75 cm. y menores, son comúnmente hechos de materiales no ferrosos, por la tendencia del acero ó hierro a llenarse con productos de la corrosión, en tubos de pequeño diámetro.

Cobre y latón rojo (85% Cu y 15% Zn) son sumamente usados para transportar agua de mar, pero ambos tienen defectos estables con respecto a su resistencia a la influencia de ataques, en forma de corrosión-erosión. Aún cuando las velocidades del agua son mantenidas entre límites moderados, cerca de ellos son siempre localizadas, regiones de turbulencia, que originan la rotura de los tubos debido a picaduras.

La turbulencia crea áreas en que la velocidad del agua no es uniforme, apareciendo un rápido ataque sobre el cobre, debido a la formación de microceldas electrolíticas, originadas por la diferencia en la concentración de iones de cobre, entre el lento y rápido movimiento del agua.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la Marina de los Estados Unidos adoptó el uso de aleaciones de cobre-níquel (70% - 30%) de manera bastante efectiva; pero la cual, se encontró que tenía mejor resistencia a la influencia de ataques, cuando se le agregaba 0.5% de hierro a su composición química. Posteriores investigaciones, nos indican que la aleación cobre-níquel (90%-10%) con aproximadamente 1% de hierro, presta un eficiente servicio para manejar agua de mar.

Estas aleaciones son ampliamente usadas con buen éxito, en aplicaciones comerciales para tubería de pequeños diámetros y para servicio de agua de mar. Desde el punto de vista de: vista esperada, fácil fabricación y costo mí

nimo, lo mas deseable es el uso de aleaciones no ferrosas, para servicios marinos.

Las aplicaciones de dichas aleaciones, no están necesariamente restringidas a tuberías de pequeño diámetro, ya que pueden ser obtenidos tubos mayores de 25 cm los cuales son fabricados por construcción de placas, unidas por medio de soldadura.

Materiales no metálicos para tuberías.

Los plásticos, en la forma de cloruro de polivinilo - (PVC) ó fibra de vidrio, reforzados con resinas, son usados en algunas aplicaciones donde las limitaciones sobre resistencia a fuerza y temperatura, pueden ser toleradas, - bajas éstas condiciones: 10.5 Kg/cm^2 y 60°C .

CAPITULO 6

ACCESORIOS PARA LA TUBERIA

a) CODOS

Los accesorios son dispositivos esenciales en la instalación de los sistemas de tubería.

1. CODO ROSCADO

El codo roscado es usado con más frecuencia, debido a que hace una conexión durable. Es adecuado para presiones y temperaturas razonables. Cabe hacer notar que se utilizan en tubería pequeña, ya que para tubería grande se utilizan grandes codos, en los cuales el problema es el roscado.

2. CODO CON BRIDAS

Se utilizan donde el roscado no se puede efectuar. Se usan generalmente para tuberías de 4 pulgadas y más grandes.

3. CODO SOLDABLE

Los codos soldables se dividen en dos tipos: de "casquillo soldable", usado en tubería de pequeño diámetro, y de "empalme soldable", usado para cualquier presión y temperatura. Se utilizan en donde no es necesario un desmantelamiento frecuente.

4. CODO SOLDABLE CON LATÓN

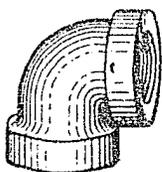
Este codo tiene en el interior de cada extremo un anillo insertado, con el fin de proporcionar un buen sello. - Este codo se utiliza en tuberías de vapor, refrigeración, - etc.

5. CODO CON JUNTAS SOLDABLES

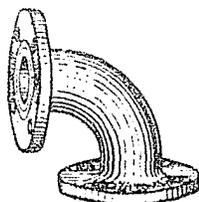
Este tipo de codos se emplean en tuberías de cobre -- donde se necesita un buen sello entre el tubo y el codo, - por ejemplo en tuberías para lubricación de maquinaria.

Hay otros accesorios tales como:

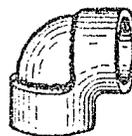
Te, cruz, unión, ye, retorno, tubo roscado de unión, cople, reducción, buje, casquillo, tapón, brida.



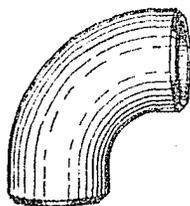
codo roscado



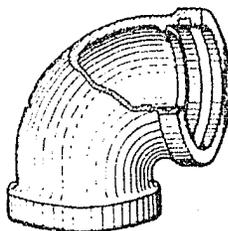
codo con bridas



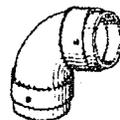
codo de casquillo soldable



codo de empalme soldable



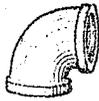
codo soldable con latón



codo con juntas soldables



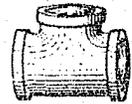
BRIDA



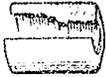
CODO A 90°



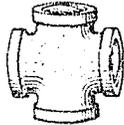
CODO A 45°



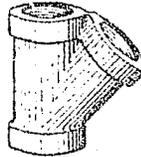
TE



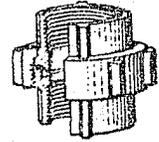
REDUCCION



CRUZ



YE



UNION



TUBO ROSCADO
DE UNION



CASQUETE



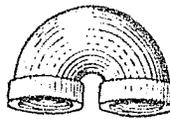
TAPON



COPE



BUJE



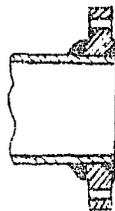
RETORNO

b) TIPOS DE BRIDAS Y UNIONES

La forma corriente de junta de tubería es la que se hace uniendo con tornillos pasantes dos bridas fundidas o forjadas, de modo que formen parte integral del tubo o accesorio; dos bridas roscadas a los tubos; dos bridas sueltas sobre los tubos cuyos extremos se recubren y dos bridas dispuestas para ser soldadas.



Roscada y soldada - por detrás



Deslizante soldada -- por delante y por detrás.



De garganta para soldar a tope con el tubo.



Brida traslapada a niple ó boquilla que se suelda a tope con el tubo.

1. BRIDAS DE GARGANTA SOLDADA

Estas bridas tienen una gran boca de unión, la cual proporciona una importante ayuda a la propia brida desde el punto de vista de esfuerzo y de resistencia. La pareja transición de espesores de la brida en la pared del tubo efectuada por la soldadura a tope es extremadamente benéfica bajo condiciones de repetidas flexiones causadas por la aplicación de otras fuerzas variables y produce un endurecimiento en la unión soldada. Así este tipo de bridas es preferido para condiciones severas ya sea éste de grandes presiones o de grandes temperaturas, o de condiciones de

carga sustancialmente constantes o variables en grandes límites; por eso son particularmente recomendadas para manejo de líquidos costosos donde las pérdidas por estrechamiento de la tubería pueden ser acompañados de fatales consecuencias.

El diámetro interior y el diámetro exterior de la brida deben ser las mismas que las del tubo. Esto hace que tanto el tubo como la brida formen una perfecta V y que permita una perfecta y fácil forma para soldar.

2. BRIDAS DESLIZANTES

Estas bridas son preferidas a las de garganta, debido a su menor costo. La reducida precisión requerida contra la longitud del tubo y la gran facilidad de alineamiento en el armado hace más ventajoso este tipo de bridas. La fuerza que soporta bajo presiones internas es del orden de las dos terceras partes de la que soporta las bridas de garganta soldada y su vida bajo fatiga es casi la tercera parte que el de las primeras. Las bridas deslizantes están limitadas a aplicaciones de 150 y 300 psi de presión. Son limitadas a usos en donde las variaciones de presiones y de temperatura son mínimas. La brida deslizante absorbe una gran cantidad de calor de la soldadura; por eso es que se debe tener mucho cuidado cuando se solda, pues se presentan distorsiones.

3. BRIDAS DE TRASLAPE

Se emplean principalmente cuando la conexión por brida sea frecuentemente desarmada, o cuando los rigores de

la tubería haga difícil el ensamblado.

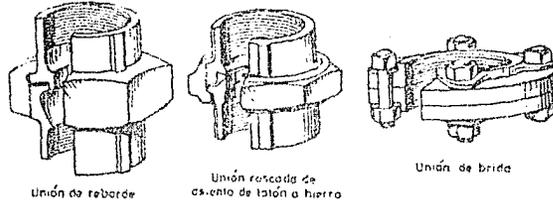
La facilidad de este tipo de brida reduce grandemente la dificultad de alineación y lo hace popular para aplicaciones donde tales alineaciones deban ser hechas frecuentemente o bajo condiciones adversas. Su resistencia para soportar presiones es pequeña y la vida de fatiga de la brida es de un décimo de la brida de garganta soldada. El principal uso de estas bridas es en lugares donde frecuentemente es necesario desmantelar para efectuar cambios, inspecciones y limpiezas.

4. BRIDAS DE TAPA

Estas bridas se utilizan en terminaciones de tuberías, en válvulas y en ductos abiertos. Desde el punto de vista de la presión interna, este tipo de bridas, particularmente en el gran tamaño, son las que más esfuerzos soportan. En comparación con otras bridas ellas son favorecidas por la facultad que ellas no requieren soportar esfuerzos causados por expansiones térmicas o los pesos del sistema de tubería.

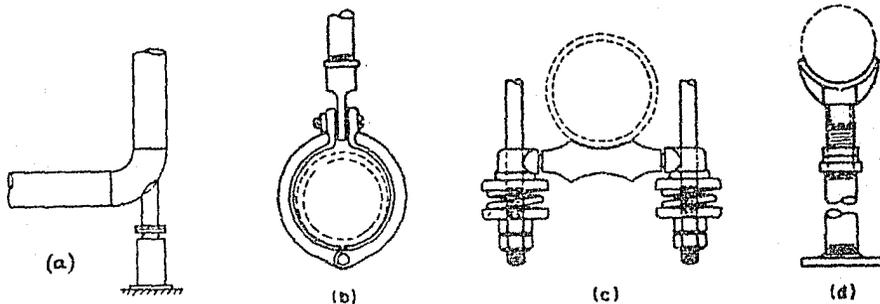
Estas bridas son fácilmente desmontables y así aprovechar la salida para ampliar el sistema de tuberías. Las bridas de tapa son usadas para cubrir las salidas sobrantes, tomas de aire, en calderas. Estas bridas siempre son usadas en conjunto con otra brida, ya sea de garganta, de rosca o deslizante.

Uniones para tubos. Las uniones pueden clasificarse como: roscada (tuerca de unión) y de brida.



En la figura anterior se muestran modelos típicos: a la izquierda se representa una unión roscada hembra del tipo de empaquetadura; en el centro, una unión roscada hembra que tiene un asiento de latón a hierro el cual no es atacado por la corrosión y una junta esmerilada que elimina la necesidad de empaquetadura; a la derecha, una unión de brida del tipo de empaquetadura.

c) SOPORTES



Procedimientos para soportar los tubos.

- a) Suspensor de muelle variable.
- b) Suspensor ajustable de anillo partido.
- c) Suspensor de rodillo con cojín o amortiguador de resortes.
- d) Soporte de silleta.

La distancia entre soportes variará con la clase de tubería y el número de válvulas y accesorios. Los soportes deben colocarse cerca de los cambios de dirección de los ramales y particularmente cerca de las válvulas.

Al establecer la situación de los soportes de una tubería, se deben tener en cuenta dos condiciones:

a) La luz o tramo horizontal no deberá ser tan larga, que la flecha de la tubería imponga un esfuerzo excesivo en la pared de la misma.

b) La tubería deberá inclinarse en sentido descendente, de modo que la salida de cada tramo quede más baja que la flecha máxima de dicho tramo.

Espaciamiento máximo de los soportes de tubería a 400° C.*

Tamaño o diámetro nominal del tubo	pulg.	1	1½	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24
	mm	25.4	38.10	51	76	102	152	203	254	305	356	406	457	508	610
Luz máxima, m		2.13	2.74	3.05	3.66	4.27	5.18	5.79	6.71	7.01	7.62	8.23	8.54	9.15	9.76

* En esta tabla se supone que las cargas concentradas, como las válvulas y bridas, están soportadas independientemente. El espaciamiento se basa en un esfuerzo combinado por flexión y cortadura de 105 Kg/cm² cuando la tubería está llena de agua; con esta condición, la flecha de la tubería, entre los soportes o apoyos, será aproximadamente de 2.5 mm.

d) VALVULAS

Hay tres materiales básicos que se utilizan en la --
construcción de las válvulas:

Bronce, Hierro y Acero.

BRONCE

El bronce es utilizado extensamente en válvulas donde se requiere la resistencia a la corrosión de líquidos o gases. Puede ser fundido o forjado y es razonablemente fácil de maquinar. Debido a que es mucho más caro que el hierro fundido, la construcción de válvulas generalmente se limita a 3 pulgadas o menos. También hay válvulas más grandes utilizadas para resistir la acción corrosiva del agua de mar.

ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS DE BRONCE

ASTM B62 para válvulas donde la presión de vapor es -
de 150 libras y temperatura máxima de 400 grados F.

ASTM B61 para temperatura máxima de 550 grados F.

HIERRO FUNDIDO

Es generalmente utilizado para válvulas de dos pulgadas o más; donde se requieren presiones de 500 libras o menos, particularmente para válvulas de más de 12 pulgadas.- Los códigos limitan el uso del hierro fundido para temperaturas máximas de 450 grados F.

Hierro fundido para válvulas: ASTM A126

ACERO FUNDIDO Y ACERO FORJADO

Son aceptados para válvulas donde se requieren altas presiones y temperaturas de 500 grados F. o más. El acero se utiliza para una gran variedad de tamaños de válvulas.

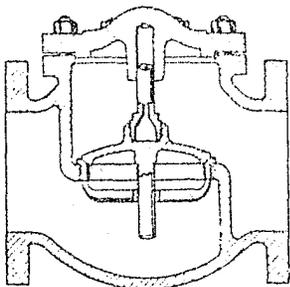
Se utilizan básicamente tres tipos de válvulas:

DE GLOBO

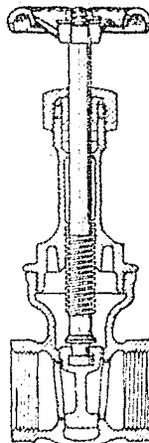
DE COMPUERTA

CHECK

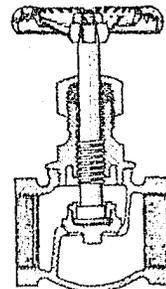
Hay muchas variaciones en el diseño de cada tipo.



VALVULA CHECK



VALVULA DE
COMPUERTA



VALVULA DE GLOBO

CAPITULO 7

SOLDADURA DE TUBOS

a) METODOS DE SOLDADURA

Varios tipos de soldadura (por arco, a presión por gas y por contacto) han encontrado gran difusión como medio de unir las secciones de las tuberías. Para soldar las juntas de los tubos, el procedimiento que más se emplea en la actualidad, es la soldadura automática bajo capa de fundente protector granulado.

Los metales cuyo espesor no sea menor de 0.5 mm. pueden soldarse con soldadura por arco.

Durante largo tiempo los métodos de soldadura mecanizados para gran producción, se empleaban solamente en las posiciones más cómodas, es decir, horizontal o ligeramente inclinada. Cuando las costuras eran muy inclinadas, verticales o sobre la cabeza, en condiciones de montaje, se soldaban exclusivamente a mano.

El método de soldadura automática gaso-eléctrica (por arco protegido con un gas) dió la posibilidad de mecanizar esas trabajosas costuras.

Además, en toda una serie de casos, para soldar costuras en diversas posiciones del espacio, puede emplearse el

método del "arco rotatorio", como se hace por ejemplo, cuando se sueldan las juntas inmóviles de las tuberías.

La condición fundamental que determina la calidad de las uniones soldadas, es la analogía de cualidades, en valores numéricos (incluida la resistencia) del cordón de soldadura y del metal básico, es decir, del metal que se suelda.

No hay motivos para procurar que el metal del cordón sea más resistente o tenga mejores cualidades que el metal básico, pero es intolerable que dichas cualidades sean inferiores a las de éste.

Empleando cubiertas protectoras, fundentes, gases de protección y otros medios, se consiguió que las resistencias del cordón y del metal básico fueren equivalentes, no solo cuando se sueldan aceros corrientes, suaves o de aleación pobre, sino cuando se hace lo propio con aceros de aleación rica, cobre, aluminio, titanio, níquel y diversas aleaciones.

La técnica de soldadura moderna permite conseguir una resistencia equivalente del cordón de soldadura y del metal básico, no solo en condiciones normales, con carga estática y temperatura normal, sino también con cargas variables (igualdad del límite de fatiga) y dinámicas (igualdad de tenacidad al choque, de cualidades a temperaturas bajas y altas, y de resistencia a la corrosión en diferentes medios), con lo que se extiende notablemente el campo de acción de la soldadura, convirtiéndose al mismo tiempo en

una fuente de trabajo e investigación, para que el ingeniero mecánico-electricista desarrolle y aplique sus teorías y experiencias, dirigidas en nuestro caso a los buques e instalaciones portuarias.

En la actualidad, se presentan problemas de unir entre sí secciones de metales diferentes, para lo cual se emplean métodos diferentes de soldadura, por ejemplo: los aceros comunes y corrientes se sueldan eficazmente con aceros austeníticos de aleación rica, por medio de soldadura eléctrica por arco a mano, con fundente protector o gaso-eléctrica; el cobre y el titanio se unen con soldadura por arco gaso-eléctrica; el cobre y el aluminio se unen con soldadura eléctrica por contacto o por soldadura por puntos en frío.

b) SOLDADURA ELECTRICA A MANO POR ARCO

Para realizar la soldadura eléctrica por arco, uno de los polos de la fuente de corriente se une a las piezas a soldar y el otro al electrodo. La temperatura del arco eléctrico es de 6000°C aproximadamente. Una vez establecido el régimen de soldadura, en el arco se produce generalmente una caída de tensión de 15 a 35 volts. Para excitar el arco, la fuente de corriente debe tener una mayor tensión, del orden de 55 a 65 volts. Cuando se suelda a mano, el arco eléctrico puede alimentarse con corriente continua o alterna.

Si se suelda con corriente continua se debe hacer uso

de convertidores, que constan de un motor eléctrico para 220/380 V. acoplado a una dinamo cuyo árbol es prolongación del motor y que es la que alimenta al arco. Si se suelda con corriente alterna, la estabilidad del arco es insuficiente, ya que si la frecuencia es de 50 ciclos/seg, la corriente cambia de sentido 100 veces en un segundo. Para aumentar la estabilidad de el arco, los electrodos se recubren de substancias que se ionizan con facilidad, combinándose con el empleo de osciladores (transformadores elevadores de poca potencia, 0.3 a 0.4 KW). Estos osciladores convierten la corriente de 50 herz, en corriente de alta frecuencia, aproximadamente 250 KHZ. y con tensión de hasta 3,500 V.

Para soldadura manual se usan comunmente varillas de 40 cm. de longitud y de 2 a 6 mm. de diámetro. Si el espesor de los tramos de tubería que se unen no excede de 6 mm la soldadura se hace de una sola pasada. Si es mayor se suelda por capas.

Además, éste tipo de soldadura no permite el empleo de corrientes de gran intensidad (sólo hasta 240 A.) y existen desigualdades en la calidad del cordón depositado.

El régimen eléctrico de la soldadura se elige de acuerdo con el diámetro del electrodo. Para los electro-

dos de alta calidad se usa la siguiente tabla:

Diámetro del electrodo (mm)	Intensidad de corriente (A)
2	30-45
3	100-140
4	160-200
5	220-240
6	280-320

La tensión en el arco se mantiene entre los límites - de 15 a 35 V.

La productividad se determina por la magnitud del coeficiente de aportación, es decir.

$$\alpha_a = \frac{Q}{I \cdot t} \quad \text{donde;}$$

Q = peso del metal aportado, en Kg.

I = intensidad de la corriente, en Amp.

t = tiempo de funcionamiento continuo del arco, hrs.

El peso del metal aportado es menor que el de los --- electrodos fundidos durante ese tiempo, en una cantidad -- igual a la, de las pérdidas que se producen al pasar el metal a los bordes preparados que se sueldan.

Las pérdidas por salpicaduras y desperdicios representan normalmente un 15-20%.

El espesor de los revestimientos de alta calidad suele ser de 0.5 -1.5 mm. a cada lado del electrodo; lo que representa un peso de cerca del 25 al 35% del de los elec-

trodos.

El tipo más usual de uniones por soldadura en tuberías, es la llamada "a tope".

c) SOLDADURA AUTOMÁTICA CON FLUÍDENTE PROTECTOR

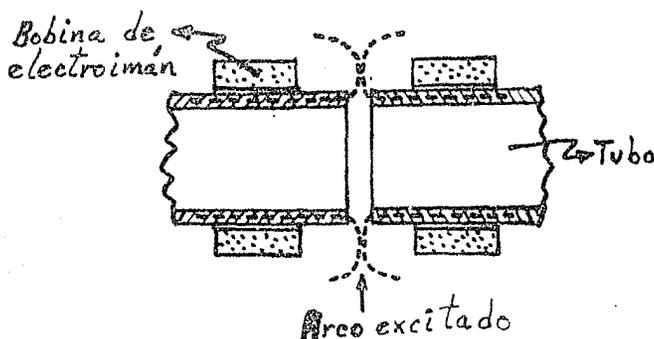
Tiene la ventaja de evitar el continuo cambio de electrodos, reduce los desperdicios por salpicadura, elimina "cabos" de los electrodos, suelda costuras de gran espesor sin necesidad de biselar los bordes y no requiere de protección para los ojos del operario.

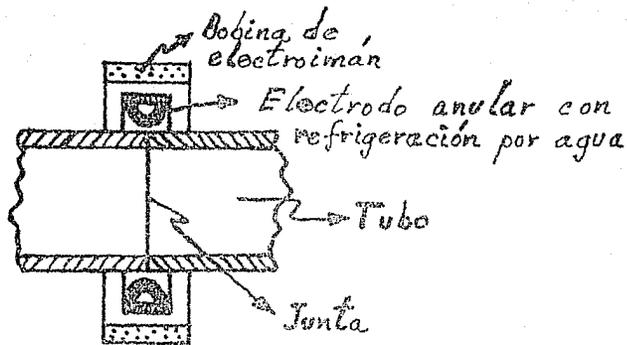
El metal se preserva perfectamente de la oxidación, en tanto que la intensidad de corriente puede elevarse hasta 550-1,100 A. y la velocidad alcanza 22-60 m/hora.

La maquinaria más usada para soldadura automática son los cabezales de soldar, ya sean fijos o portátiles.

d) SOLDADURA CON ARCO GIRATORIO Y PRESION

El arco giratorio se puede excitar, tanto entre la junta que se suelda entre dos tubos, como entre un electrodo y la junta a soldar.





El arco calienta con regularidad el metal de los tubos, siguiendo el perímetro de la junta, efectuando después el recalco o unión a presión. La rapidez con que gira el arco depende de: espesor de la pared del tubo, diámetro -- del mismo, la magnitud de la holgura entre sus bordes.

Este tipo de soldadura también se usa para soldar metales ferrosos, no ferrosos y aleaciones.

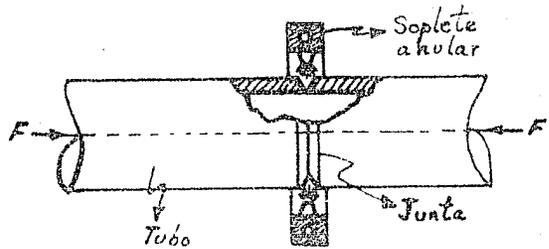
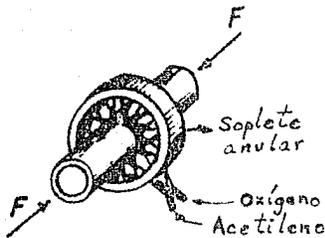
e) SOLDADURA A GAS Y PRESION

Se efectúa calentando las piezas a soldar con llama de gas, al igual que en la soldadura autógena, pero sin -- que las superficies que se unen lleguen a fundirse y sin -- emplear material de aportación.

Cuando el metal alcanza el estado plástico o las superficies extremas comienzan a fundirse, se presionan entre sí por cualquier procedimiento para conseguir una -- unión sólida.

Cuando la soldadura se hace en estado plástico, las -- piezas previamente ajustadas, se calientan por la perife--

ria de la junta con un soplete anular de llama múltiple, - que proporciona un calentamiento uniforme. Mientras tanto, las superficies de unión de las piezas se aprietan entre - sí continuamente y con fuerza constante.



Para soldar a gas y presión no es preciso limpiar las superficies que se juntan, de la suciedad, óxidos y herrumbre .

Para soldar tubos de paredes delgadas se utiliza el calentamiento sin fusión de los bordes, es decir, hasta -- $1,100 - 1,200^{\circ}\text{C}$ y una presión de recalado del orden de - 2.5 Kg/mm^2

Cuando se sueldan tubos de paredes más gruesas, los - bordes se calientan hasta que comienzan a fundirse, la temperatura en éste caso sube hasta $1,400 - 1,500^{\circ}\text{C}$ y la presión hasta $3.5 - 4 \text{ Kg/mm}^2$.

CONCLUSIONES

La unión de tuberías por medio de soldadura, adquie-

re cada vez mayor difusión, debido a sus múltiples ventajas, tales como: economía en su aplicación, técnicas modernas que facilitan su empleo, equipos portátiles sencillos que permiten un eficiente trabajo en el mismo lugar de la instalación, unión de secciones de tubería de metales diferentes, etc.

En la actualidad, en México sólo se construyen embarcaciones pequeñas tales como: camaroneros, remolcadores y chalanes.

Este tipo de buques de pequeño calado, solo requieren de instalaciones y técnicas sencillas, razón por la cual, se tienen que adquirir en el extranjero buques de mediano y gran calado para transportar: cargamentos minerales, agrícolas, ganaderos e industriales; combustibles y productos químicos; pasajeros, etc.

Las instalaciones portuarias del país encaminadas hacia la construcción de barcos de gran calado, en un futuro próximo, establecen la necesidad de crear eficientes talleres y laboratorios de investigación sobre el problema de la soldadura de tuberías. y que desarrollen y apliquen las técnicas modernas y las ya existentes.

C A P I T U L O 8

NORMALIZACION DE TUBERIAS

a) TIPOS DE NORMAS.

La estandarización o normalización en la industria de la tubería, es función de muchos grupos como: ASTM, ASA, - AWWA, PFI y otros.

La ASTM tiene como objetivo la promoción del conocimiento de los materiales de ingeniería y de la estandarización de las especificaciones y de los procedimientos de ensayo.

La ASA trata lo relacionado con los sistemas generales de tuberías. Se encarga de normalizar las dimensiones; fija los esfuerzos admisibles en función de la temperatura; establece las fórmulas de trabajo para la determinación del espesor de las paredes en relación con la presión, el material y la temperatura de éste; especifica soportes, -- anclajes y flexibilidad de un sistema de tuberías y en general, confecciona un código o reglamento con las condiciones mínimas para la seguridad y garantía de un sistema.

Tuberías de acero. Según las normas norteamericanas los tubos corrientes (pipes) son empleados en las conducciones y sus conexiones para transportar fluidos.

Los tubos de acero al carbono más frecuentemente empleados son los fabricados de acuerdo con las especificaciones de la ASTM, A-106 y A-53. La composición química de éstos dos materiales es idéntica, pero el A-106 se somete a pruebas más rigurosas.

El A-53 se emplea para una presión manométrica hasta 42 Kg/cm^2 ; el A-106 se emplea para presiones no superiores a 176 Kg/cm^2 .

Ambos se fabrican en los grados A y B; el grado B tiene resistencia mecánica más alta pero es menos dúctil, razón por la que sólo se admite el grado A para su doblado en frío.

En tubos de acero inoxidable de varias composiciones, las más comunes son: la ASTM - A213, grado TP 231 (16% Cr y 8% Ni, estabilizado con titanio) y la ASTM - A213, grado TP347 (18% Cr y 8% Ni, estabilizado con colombio). Los dos materiales se usan hasta 650°C .

Tubos de materiales no ferrosos. Dentro de esta clase se encuentra con más frecuencia el tubo Corriente de la tón rojo, aleación que contiene aproximadamente 85% Cu y 15% Zn. Esta aleación, con una densidad de 8.9 Kg/dm^3 , es estructuralmente superior a los latones amarillos y se emplea cuando el fluido que ha de conducirse es corrosivo, como un ejemplo se tiene la transportación de agua de mar.

Los tubos de cobre corrientes, tienen el mismo diámetro exterior que el estandar de los tubos de acero; pero -

se deteriora rápidamente a altas temperaturas y bajo esfuerzos repetidos. A una temperatura de 180°C, se reduce su resistencia en un 15%.

Tubos de plástico. Se pueden obtener en una gran variedad de diámetros y espesores, resiste el ataque de muchos productos químicos, es de peso ligero, flexible y disponible en rollos, facilitando su instalación y transporte.

b) IDENTIFICACION DE LA TUBERIA.

La ASA ha aprobado un código para la identificación de los sistemas de tubería. Se incluyen los accesorios, válvulas y recubrimientos de tuberías; pero no los soportes, ménsulas u otros complementos.

Todos los sistemas de tuberías son clasificadas por colores, dependiendo de la naturaleza del fluido transportado y son:

	Clase	Color
F (Fuego)	Equipo de protección contra incendio.	Rojo
D (Daños)	Materiales peligrosos (gases, aceites combustibles, agua caliente y vapor a presión superior a la atmosférica).	Amarillo ó anaranjado.

S (Seguridad)	Materiales seguros (aire comprimido, - agua fría y vapor de agua bajo vacío.	Verde ó los colores acromáticos: blanco, negro, gris y <u>alumi</u> nio.
P (Protección)	Materiales protectores.	Azul brillante.
V (Vapor)	Materiales muy volátiles, como de <u>ti</u> po alómenticio.	Púrpura obscuro.

c) PROCEDENCIA DE BOMBAS, TUBOS Y VALVULAS QUE SE UTILIZAN EN LAS CONSTRUCCIONES NAVALES DE MEXICO.

Gran parte de las bombas que se emplean, se construyen en el País, algunas las provee Worthington de México.

Los tubos que se utilizan en la construcción de los sistemas de tubería en barcos, son de producción nacional. La tubería de acero la provee TAMSA.

Lo que respecta a válvulas, podemos decir que la mayoría se construye en México, específicamente fabricadas por:

Aceros Eléctricos, S.A. de C.V.

Fábrica de Implementos Petroleros, S.A.

Válvulas Pacific, S.A.

Nibco de México S.A.

Stock Ham de México S.A.

d) TABLAS DE ESPECIFICACIONES

Las tablas que se presentan a continuación, tienen la finalidad de ayudar a resolver cierto tipo de problemas, - ya que nos muestran las características de la tubería.

Esfuerzos admisibles en los tubos de los sistemas de tubería a presión
(Código estándar ASME para tubería a presión)

Material *	Especificación ASTM	Grado	Resistencia máxima a la tracción, Kg/cm ²	Valores de S, Kg/cm ² , para temperaturas en °C. que no excedan de †						
				-20 a 38	93	149	204	232	260	315	343
Material soldado:										
Acero al carbono soldado en horno										
Soldado por recubrimiento o a solape	A120	.....	.....	618.7	604.7	576.5	534.4	534.4		
Soldado a tope	A120	.....	.....	457.0	446.5	428.9	411.3	400.8		
Acero inoxidable austenítico soldado automáticamente										
Cr, 18%; Ni-Ti, 8%	A312	TP321}	5 272	1 121	1 121	1 016	945.7	.....	907.0	889.4
Cr, 18%; Ni-Cb, 8%	A312	TP347}								885.9
Material sin soldadura:										
Acero al carbono										
Cr, 5%; Mo, 0.5%	A120 A335 A335 A369	P5 (P5b) FP5	4 218	1 055	1 055	1 035	1 055	.....	1 019	984.3
Cr, 18%; Ni-Ti, 8%	A312	TP321}								
Cr, 18%; Ni-Cb, 8%	A376 A312 A376	TP347}	5 275	1 318	1 318	1 195	1 111	.....	1 069	1 048
Sin soldadura o costura:										
Latón rojo										
Cobre de 5 cm (2") de diám. y menos	B43	.....	.....	562.5	562.5	492.2	210.9			
Cobre de más de 5 cm de diám.	B42	.....	.....	421.9	386.7	334.0	210.9			
	B42	.....	.....	421.9	386.7	334.0	210.9			
Tubo especial de cobre										
Recocido	B75	.....	.....	421.9	386.7	334.0	210.9			
Recocido brillante	B88	.....	.....	2 109	421.9	386.7	334.0	210.9		
	B68	.....	.....	2 109	421.9	386.7	334.0	210.9		
Acero soldado con cobre										
	A254	Clase 1	2 953	421.9	386.7	334.0	210.9			
		Clase 2	2 953	253.1	232.0	200.4	126.6			
Fundición ‡										
Fundición centrífuga										
	FSB	Tipos	.....	421.9	421.9	421.9	421.9	421.9		
	WW-P-421	1 y 2	.....						
En moldes metálicos										
En moldes revestidos interiormente de arena										
Fundido en foso de colada	ASA A21.60 ASA B21.60 ASA A21.2	.....	.....	421.9	421.9	421.9	421.9	421.9		
		.....	.....	281.2	281.2	281.2	281.2	281.2		

* Puede usarse tubo de acuerdo con la especificación API 5L.

† Los diversos tipos y grados tabulados no deberán emplearse a temperaturas que excedan de las máximas a que se dan los valores de S. (Véanse también las exigencias específicas para las condiciones de servicio consideradas.) Los valores de S para temperaturas intermedias se obtienen por interpolación.

‡ El tubo de fundición no deberá usarse en tuberías de aceite lubricante para la maquinaria y en ningún caso para aceite que esté a temperatura superior a 150° C.

§ Para vapor de agua a 17.6 Kg/cm² (208° C.) pueden usarse los valores dados.

Esfuerzos admisibles en los tubos de los sistemas de tubería a presión

(Código estándar ASME para tubería a presión)

[Cuando se use construcción soldada, deberá considerarse la posibilidad de la formación de grafito en los siguientes aceros: acero al carbono por encima de 413° C.; acero al carbono-molibdeno por encima de 468° C.; acero al carbono-molibdeno (con cromo en menos de 0.60) por encima de 524° C.]

Material ^a	Especificación ASTM	Grado	Símbolo de identificación	Resistencia máxima a la tracción, Kg./cm ²	Valores de S, Kg/cm ² , para temperaturas en °C., que no excedan de											
					29 a 343	371	398	426	454	482	509	537	565	593	620	648
Material soldado																
Soldado en horno:																
Soldado a solape																
Acero al carbono	A53	.....	.....	3 163	632.7										
Hierro forjado o pudentado	A72	.....	.....	2 812	562.5										
Soldado a tope																
Acero al carbono	A53	.....	.....	3 163	474.6										
Hierro forjado o pudentado	A72	.....	.....	2 812	421.9										
Soldado por fusión eléctrica:																
Acero al carbono																
	A134	A245 A	.....	3 374	562.5										
		A245 B	.....	3 056	675.0										
		A245 C	.....	3 066	710.1										
		A283 A	.....	3 163	531.6										
		A283 B	.....	3 515	646.8										
		A283 C	.....	3 866	710.1										
		A283 D	.....	4 218	710.1										
	A139	A4	.....	3 374	675.0	650.4	583.5								
		A4	.....	4 218	843.7	798.0	699.6								
	A155 ^c	A285 A	C45	3 164	710.1	689.0	611.7	527.3	418.3							
		A285 B	C50	3 515	791.0	766.4	696.1	594.1	461.5							
		A285 C	C55	3 866	871.8	836.7	762.9	646.8	492.2							
Acero al carbono reposado o muerto																
	.....	A201 A	KC55	3 866	871.8	836.7	762.9	646.8	492.2						
		A201 B	KC60	4 218	949.2	907.0	819.1	682.0	492.2							
		A212 A	KC65	4 569	1 026	980.8	875.4	720.7	492.2							
		A212 B	KC70	4 921	1 107	1 051	931.6	759.3	492.2							
Acero al carbono-molibdeno																
	.....	A204 A	CM65	4 569	1 026	1 026	1 026	991.4	910.5	791.0					
		A204 B	CM70	4 921	1 107	1 107	1 107	1 069	949.2	805.0						
		A204 C	CM75	5 272	1 185	1 185	1 185	1 139	1 005	822.6						
Acero de 0.5% de Cr, 0.5% Mo																
	.....	A301 A	½CR	4 569	1 026	1 026	1 026	991.4	910.5	791.0	632.8	393.7			

Esfuerzos admisibles en los tubos de los sistemas de tubería a presión

(Código estándar ASME para tubería a presión)

(Cuando se use construcción soldada, deberá considerarse la posibilidad de la formación de grafito en los siguientes aceros: acero al carbono por encima de 413° C.; acero al carbono-molibdeno por encima de 468° C.; acero al carbono-molibdeno (con cromo en menos de 0.60) por encima de 524° C.)

Material *	Especificación ASTM	Grado	Símbolo de identificación	Resistencia máxima a la tracción, Kg/cm ²	Valores de S, Kg/cm ² , para temperaturas en ° C., que no excedan de												
					29 a 343	371	398	426	454	482	509	537	565	593	620	648	
Acero de 1% de Cr, 0.5% Mo. . . . .	.....	A301 B	1 CR	4 218	949.2	949.2	949.2	931.6	896.4	829.7	696.1	474.6	316.4	175.8	189.8	
Acero de 1.25% de Cr, 0.5% Mo. . . . .	.....	A335 P11	1 1/4 CR	4 218	949.2	949.2	949.2	949.2	910.5	829.7	696.1	492.2	348.0	253.1		
Acero de 2.25% de Cr, 1% Mo. . . . .	.....	A335 P22	2 1/4 CR	4 218	949.2	949.2	949.2	949.2	910.5	829.7	696.1	492.2	365.6	263.7		
Soldado por resistencia eléctrica: Acero al carbono	A5J	A*	.....	3 374	717.2	696.1	639.8									
		B*	4 218	896.4	857.8	773.4										
	A135	A*	3 374	717.2	696.1	639.8										
		B*	4 218	896.4	857.8	773.4										
Acero inoxidable soldado automáticamente: 18% Cr; 8% Ni-Ti 18% Cr; 8% Ni-Cb	A312	TP321) TP347)	.....	5 272	Nota 1	882.4	878.9	868.3	854.3	843.7	826.1	808.6	784.0	615.2	453.5	298.8
Material sin soldadura o costura Acero al carbono	A53	A	.....	3 374	843.7	819.1	752.3	633.8	499.2	351.5						
	A53	B	.....	4 218	1 055	1 009	910.5	759.3	548.4	351.5						
	A106	A	.....	3 374	843.7	819.1	752.3	632.8	499.2	351.5						
	A106	B	.....	4 218	1 055	1 009	910.5	703.1	548.4	351.5						
	A83	Tipo A	.....	(3 304)												
	A179	Bajo en carbón	.....		755.8	805.0	741.8	632.8	499.2	351.5						
	A192	.....	.....	(3 304)												
	A210	.....	.....	4 218	1 055	1 009	910.5	759.3	548.4	351.5						
	Al carbono-molibdeno	A335 A369	P 1) FP 1)	.....	3 866	966.8	966.8	966.8	945.7	924.6	878.9					
	Al Cr-Mo 0.5% Cr; 0.5% Mo	A335 A369	P 2) FP 2)	.....	3 866	966.8	966.8	966.8	945.7	924.6	878.9	703.1	439.4			
1% Cr; 0.5% Mo	A335 A369	P12) FP12)	.....	4 218	1 055	1 055	1 055	1 037	998.4	921.1	773.4	527.3	351.5	196.9		

Continuación de la Tabla anterior

1.25% Cr; 0.5% Mo	A335 A369	P11} FP11}	.....	4 218	1 055	1 055	1 055	1 055	1 012	921.1	773.4	548.4	386.7	281.2		
2.25% Cr; 1% Mo	A213 A335 A369	T22} P22} FP22}	.....	4 218	1 055	1 055	1 055	1 055	1 012	921.1	773.4	548.4	407.8	295.3	210.9	
3% Cr; 1% Mo	A213 A335 A369	T21} P21} FP21}	.....	4 218	1 055	1 041	1 019	977.3	928.1	843.7	632.8	492.2	386.7	281.2	189.8	
5% Cr; 0.5% Mo	A335 A369 A335	P 5) FP 5(P 5b	.....	4 218	Nota /	942.1	921.1	900.0	871.8	808.6	703.1	513.3	365.6	232.0	154.7	105.5
Acero inoxidable: 18% Cr; 8% Ni-Ti	A213 A312 A376	TP321	.....	5 272	Nota /	1 041	1 034	1 023	1 005	991.4	973.8	949.2	921.1	724.2	534.4	351.5
18% Cr; 8% Ni-Cb	A213 A312 A376	TP347	.....	5 272	Nota /	1 041	1 034	1 023	1 005	991.4	973.8	949.2	921.1	724.2	534.4	351.5

^a Puede usarse tubo de acuerdo con la especificación API 5L.

^b Los diversos tipos y grados tabulados no deberán emplearse a temperaturas que excedan de las máximas a que se dan los valores de *S*. (Véanse también las exigencias específicas para las condiciones de servicio consideradas.)

^c Los valores tabulados son para tubo de la clase 2. Para el de la clase 1, que ha sido tratado y radiografiado, pueden aumentarse los esfuerzos multiplicándolos por la relación 0.95/0.90.

^d Si se usa material de plancha que tenga propiedades físicas distintas de las establecidas en la Sec. 6 de la especificación ASTM A319 en la fabricación de tubo de acero soldado por fusión eléctrica, se tomarán esfuerzos admisibles que son 0.20 multiplicado por el esfuerzo a tracción para las temperaturas de 232° C. e inferiores.

^e Para tubo soldado por resistencia eléctrica, en aplicaciones en que la temperatura sea inferior a 343° C. y cuando el tubo que suministre bajo esta clasificación se haya sometido a ensayos suplementarios o a tratamientos térmicos, o bien a ambas cosas, de común acuerdo entre el suministrador y el comprador, y si con dichos ensayos y tratamientos se demuestra que las características de resistencia de la soldadura son iguales a la resistencia mínima a la tracción del tubo, entonces pueden usarse valores de *S* iguales a los correspondientes de los grados sin soldadura o costura.

^f Véase la tabla 1 para los valores desde -29° C. a 343° C.

Especificación de la ASA para la resistencia de la tubería a la tracción

Designación de la A.S.A.	Designación de la A.S.T.M.	Estilo de la tubería	Resistencia mínima a la tracción, Kg/cm ²	Aplicación
B36.1	A53	De acero, soldada y sin costura	Soldada: Bessemer, 3 515; Martin-Siemens, 3 160. Sin costura: de bajo contenido de carbono, 3 375; de contenido medio, 4 360	(a)
B36.2	A72	De hierro dulce, soldada	2 810	(b)
B36.3	A106	De acero, soldada a traslape y sin costura, para temperaturas elevadas	Soldada: Martin-Siemens, 3 160. Sin costura: grado A, 3 375; grado B, 4 360; grado C, 5 270	(c)
B36.4	A134	De acero, soldada eléctricamente por fusión, tamaños de 30" (76 cm) en adelante	Véase el estándar A134 de la A.S.T.M.	(d)
B36.5	A135	De acero, soldada por resistencia eléctrica	Grado A, 3 375. Grado B, 4 220	(e)
B.36.6	A136	De acero con soldadura de forja	Grado A, 3 160. Grado B, 3 515	(f)
B.36.7	A137	De acero, tubería de barra enclavada o de cierre	Las planchas: 3 865 a 4 570. Las barras de enclavado o cierre: 2 810 a 3 515	(g)
B.36.8	A138	De acero y de hierro dulce, remachada	Las planchas: de acero, 3 865 a 4 570; de hierro dulce, clase A, 3 375; clase B, 3 300. Comercial de barra remachada de acero, 3 160 a 3 865; de hierro dulce, 3 300	(h)
B36.9	A139	De acero, soldada eléctricamente por fusión, 8" a 30" (20 a 76 cm)	Grado A, 3 375. Grado B, 4 220, u otro material	(i)
B36.11	A155-36	De acero, soldada eléctricamente por fusión para servicio a temperatura y presión elevadas	Grado A, 3 160; grado B, 3 515; grado C, 3 865	(j)
G8.7	A120	De acero, negra y galvanizada por inmersión en caliente, soldada y sin costura	Lo mismo que B36.1	(k)

(a) Tubería de acero comercial para usos generales, también para hacer serpentines, formar curvas, bridas y operaciones semejantes de conformado, cuando así se especifique.

(b) Tubería comercial de hierro dulce para usos generales, también para serpentines, curvas, bridas y otros fines especiales.

(c) Tubería de acero soldada a traslape y sin costura para servicio a alta temperatura. Adecuada para formar curvas, bridas y operaciones similares de conformado.

(d) Tubería de cubierta de 30" o más (76 cm o más) de diámetro en espesores de pared hasta de 3/4" (1.90 cm), fabricada a partir de planchas de acero por soldadura por fusión eléctrica.

(e) Tubería hasta de 30" (76 cm) fabricada para conducir líquidos, gases o vapores a temperaturas inferiores a 230° C. Se adapta para formar bridas, curvas y operaciones similares de conformado en la clase de grado A.

(f) Comprende los tamaños de 14" o 96" (35 a 244 cm), en espesores de pared de 1/4 a 1 1/4 pulgadas (0.63 a 3.17 cm), a base de planchas de acero con soldadura de forja, y fabricada para varios usos.

(g) Comprende los tamaños de 20" a 72" (51 a 183 cm), en espesores de pared de 3/16" a 1/2" (0.47 a 1.27 cm), fabricada a partir de planchas con barras de enclavado o cierre en forma de H para las costuras longitudinales. Adecuada para conducir líquidos o gases.

(h) Tubería fabricada en taller, adecuada para conducir líquidos o gases; construida a partir de planchas de acero o de hierro dulce con costuras remachadas.

(i) Cubre los tamaños de 8" a < 30" (20 a < 76 cm), en espesores de pared no mayores de 5/8" (1.59 cm), fabricada a partir de planchas de acero y soldada por fusión eléctrica. Construida para conducir líquidos, gases o vapores a temperaturas inferiores a 230° C. Se adapta para formar bridas y curvas.

(j) Tubería de acero soldada por fusión eléctrica con un diámetro exterior de 18" (46 cm) y más para servicio a temperatura y presión elevadas. Adecuada por formar curvas, bridas, corrugaciones y operaciones similares de conformado. Soldada de acuerdo con la especificación Par. U-68 del código de la ASME para recipientes de presión no expuestos al fuego.

(k) Tubería de acero comercial para usos ordinarios, tales como líneas a baja presión de vapor, de líquido o de gas. No se fabrica para conformarla en serpentines ni con curvas muy cerradas, ni tampoco para servicio a temperatura elevada.

Tuberías estándares API, roscadas

(Todos los pesos y dimensiones son nominales. National Tube Division, United States Steel Corp.)

Tamaño		Peso por m, Kg		Diámetro. cm		Manguitos o coples	Presión de prueba * Kg/cm ²						
Pulg.	cm	Con rosca y cople o manguito	Con extremos sin rosca	Espesor, cm	D.E.		D.I.	Longitud, cm	D.E., cm	Peso, Kg	Soldado a traslape o sin costura, de grado A	Sin costura, de grado B	Sin costura, de grado C
1/2	0.317	0.37	0.36	0.173	1.029	0.603	27	2.70	1.430	0.018	49	49	49
3/4	0.635	0.64	0.62	0.223	1.371	0.924	18	4.13	1.826	0.041	49	49	49
1	0.953	0.85	0.83	0.231	1.714	1.252	10	4.13	2.222	0.059	49	49	49
1 1/4	1.27	1.28	1.26	0.277	2.133	1.580	14	5.40	2.790	0.109	49	49	49
1 1/2	1.90	1.69	1.68	0.287	2.667	2.093	14	5.40	3.335	0.154	49	49	49
1 3/4	2.54	2.53	2.50	0.338	3.340	2.651	11 1/2	6.67	4.003	0.245	49	49	49
2	3.17	3.42	3.38	0.355	4.216	3.505	11 1/2	6.93	5.217	0.467	70	77	91
2 1/4	3.81	4.09	4.05	0.368	4.826	4.089	11 1/2	6.98	5.588	0.531	70	77	91
2 1/2	5.08	5.58	5.43	0.391	6.032	5.250	11 1/2	8.25	7.392	0.966	70	77	91
3	6.35	8.78	8.61	0.515	7.302	6.271	8	10.48	8.572	1.48	70	77	91
3 1/2	7.62	11.46	11.28	0.548	8.890	7.793	8	10.79	10.16	1.85	70	77	91
4	8.89	13.78	13.58	0.573	10.16	9.012	8	11.11	11.75	2.68	84	91	112
4 1/2	10.16	16.37	16.06	0.602	11.43	10.22	8	11.43	13.21	3.44	84	91	112
5	12.70	22.32	21.76	0.655	14.13	12.82	8	11.75	15.99	4.52	84	91	112
6	15.24	28.94	28.23	0.711	16.83	15.40	8	12.38	18.77	5.86	84	91	112
8	20.32	33.02	36.76	0.703	21.91	20.500	8	13.33	24.45	10.51	84	91	112
8	20.32	43.68	42.49	0.818	21.91	20.272	8	13.33	24.45	10.51	84	91	112
10	25.40	48.74	46.43	0.708	27.305	25.087	8	14.60	29.845	14.31	70	84	98
10	25.40	54.20	50.95	0.790	27.305	25.745	8	14.60	29.845	14.31	70	84	98
10	25.40	62.28	60.24	0.927	27.305	25.451	8	14.60	29.845	14.31	70	84	98
12	30.48	67.64	65.14	0.838	32.385	30.708	8	15.56	35.560	22.35	70	84	98
12	30.48	78.12	73.75	0.952	32.385	30.480	8	15.56	35.560	22.35	70	84	98
14 D.E.	35.56	84.82	81.21	0.952	35.560	33.655	8	16.19	38.100	20.79	67	77	98
15 D.E.	40.10	91.60	87.16	0.952	38.100	36.195	8	16.85	40.640	23.25	63	70	98
16 D.E.	49.64	97.18	93.13	0.952	40.640	38.735	8	17.14	43.180	25.32	60	70	91
17 D.E.	43.18	108.9	103.7	0.998	43.180	41.183	8	17.78	45.720	27.97	60	67	84
18 D.E.	45.72	120.8	114.3	1.039	45.720	43.642	8	18.10	48.260	30.18	56	67	84
20 D.E.	50.80	133.9	127.3	1.039	50.800	48.722	8	19.37	53.540	36.60	53	60	77

La variación admisible, en peso, para cualquier longitud de tubo es de 10 por ciento más y de 3 1/2 por ciento menos; pero el peso de la carga de un vagón o carro no debe ser menor que el peso calculado en más de 1.25 por ciento.

Se suministra con rosca y manguitos o coples y en longitudes al azar, a no ser que se especifique otra cosa en el pedido.

El peso por metro de tubería con rosca y manguitos está basado en una longitud de 6 metros (20 pies), incluyendo el manguito.

* Presión de prueba de la tubería soldada a tope de 1/2 a 1 pulgada = 49 Kg/cm²; de 1 1/4 a 3 pulgadas = 56 Kg/cm².

Tubo de fundición embreado para agua
(ASA B16.1, clase 125 ó ASA B16b, clase 250)

Tamaño, pulgs.	D.E. real, cm	Diam. de la brida, cm	Diam. de su cara levantada, cm	Diam. de la circunferencia de pernos, cm	Nº de pernos	Diam. de los pernos, pulg. y cm	Espesor de la brida, cm	Presión máxima de trabajo, Kg/cm ²	Espesor de la pared, cm	Peso con extremo liso, Kg/cm	Peso de una brida, Kg	Peso de una longitud de 4.88 m (16 pies) con dos bridas, Kg
3	10.06	19.05		15.24	4	5/8	1.59	10.5	0.96	19.8	3.2	193
3	10.06	19.05		15.24	4	5/8	1.59	10.5	0.96	19.8	3.2	193
3	10.06	20.95	14.45	16.81	8	3/4	1.90	17.6	0.96	19.8	5.2	107
4	12.19	22.86		19.05	8	5/8	1.59	10.5	0.96	21.5	5.0	131
4	12.19	22.86		19.05	8	5/8	1.59	10.5	0.96	21.5	5.0	131
4	12.19	24.40	17.63	20.61	8	3/4	1.90	17.6	0.96	24.5	9.1	138
5	17.53	27.94		24.13	8	3/4	1.90	17.6	0.96	26.2	7.8	143
5	17.53	27.94		24.13	8	3/4	1.90	17.6	0.96	26.2	7.8	143
5	17.53	31.75	24.61	26.97	12	1	1.90	17.6	0.96	26.2	15	216
8	22.99	34.29		29.64	8	3/4	1.90	17.6	1.04	31.6	12	277
8	22.99	34.29		29.64	8	3/4	1.90	17.6	1.04	31.6	12	277
8	22.99	38.10	30.33	33.02	12	1	2.22	17.6	1.04	31.6	23	277
10	28.19	40.64		36.19	12	1	2.22	17.6	1.12	68.4	17	367
10	28.19	40.64		36.19	12	1	2.22	17.6	1.12	68.4	17	367
10	28.19	44.45	35.71	38.73	16	1 1/2	2.54	17.6	1.12	68.4	32	397
12	33.53	48.26		43.18	12	1 1/2	2.22	17.6	1.22	89.0	26	468
12	33.53	48.26		43.18	12	1 1/2	2.22	17.6	1.32	96.1	26	522
12	33.53	52.07	41.76	45.68	16	1 1/2	2.66	17.6	1.32	96.1	46	562
14	38.86	53.34		47.62	12	1	2.54	10.5	1.29	110	33	604
14	38.86	53.34		47.62	12	1	2.54	10.5	1.50	127	33	653
14	38.86	58.42	48.11	51.43	20	1 1/2	2.86	17.6	1.50	127	59	735
16	44.20	58.60		53.97	16	1	2.54	10.5	1.37	133	41	728
16	44.20	58.60		53.97	16	1	2.54	10.5	1.60	154	41	835
16	44.20	64.77	53.49	57.15	20	1 1/2	3.17	17.6	1.60	154	73	898
18	49.53	63.50		57.78	16	1 1/2	2.86	10.5	1.47	160	41	862
18	49.53	63.50		57.78	16	1 1/2	2.86	10.5	1.73	187	41	891
18	49.53	71.12	59.21	62.86	24	1 1/2	3.17	17.6	1.73	187	91	1094
20	54.86	69.85		63.50	20	1 1/2	2.86	10.5	1.57	190	52	1030
20	54.86	69.85		63.50	20	1 1/2	2.86	10.5	1.83	219	52	1175
20	54.86	77.47	64.92	68.58	24	1 1/2	3.17	17.6	1.83	219	111	1293
24	65.53	81.28		74.94	20	1 1/2	3.17	10.5	1.85	267	73	1447
24	65.53	81.28		74.94	20	1 1/2	3.17	10.5	2.01	288	73	1551
24	65.53	91.44	76.83	81.28	24	1 1/2	3.81	17.6	2.01	288	168	1742
30	81.28	98.42		91.4	28	1 1/2	3.17	10.5	2.16	366	109	2100
30	81.28	98.42		91.4	28	1 1/2	3.17	10.5	2.51	448	109	2402
30	81.28	109	94.46	99.69	28	1 3/4	4.44	17.6	2.51	448	241	2665
36	97.28	117		109	32	1 1/2	3.81	6.04	2.39	512	159	2816
36	97.28	117		109	32	1 1/2	3.81	6.04	2.79	597	159	3230
36	97.28	127	111	117	32	2	5.08	17.6	2.79	597	322	3556
42	113.0	135		126	36	1 1/2	3.81	6.65	2.67	665	227	3699
42	113.0	135		126	36	1 1/2	3.81	6.65	3.10	770	227	4209
42	113.0	145	128	134	36	2	5.08	17.6	3.10	770	409	4572
48	129.0	151		142	44	1 1/2	3.81	6.98	2.90	826	284	4595
48	129.0	151		142	44	1 1/2	3.81	6.98	3.38	960	284	5248
48	129.0	165	148	154	40	2	5.08	10.16	3.38	960	613	5906

Capacidades de temperatura y de presión de vapor, de agua y de aceite para bridas y accesorios con bridas de acero al carbono (ASA) *

(Distintas de las juntas de anillo)

Capacidad de presión de vapor y de agua (primaria); presión manométrica	lb./pulg. ²	150	300	400	600	900	1 500
	Kg/cm ²	10.5	21.1	28.1	42.2	63.3	105.4
Prueba hidrostática de las paredes a 51.6° C., presión manométrica	lb./pulg. ²	350	750	1 000	1 500	2 000	3 500
	Kg/cm ²	24.6	52.7	70.3	105.4	140.6	246.1
Temperatura de servicio		Presiones manométricas máximas de vapor, de agua y de aceite, en Kg por cm ² (sin choque)					
Grados F.	Grados C.						
100	37.8	16.2	35.1	47.1	70.3	105.4	175.8
150	65.5	15.4	33.7	45.0	67.5	101.2	168.7
200	93.3	14.7	32.7	43.6	65.4	98.1	163.5
250	121.1	14.0	31.6	42.2	63.3	94.9	158.2
300	148.9	13.3	30.6	40.8	61.1	91.7	152.9
350	176.7	12.6	29.5	39.4	59.0	88.6	147.6
400	204.4	11.9	28.5	37.9	56.9	85.4	142.4
450	232.2	11.2	27.4	36.5	54.8	82.2	137.1
500	260.0	10.5 ^a	26.3	35.1	52.7	79.1	131.8
550	287.8	9.84	25.3	33.7	50.6	75.9	126.5
600	315.5	9.14	24.2	32.3	48.5	72.8	121.3
650	343.3	8.44	23.2	30.9	46.4	69.6	116.0
700	371.1	7.73	22.1	29.5	44.3	66.4	110.7
750	398.9	7.03	21.1 ^a	28.1 ^a	42.2 ^a	63.3 ^a	105.4 ^a

Presión manométrica máxima de vapor y de agua, Kg/cm²

800	426.7	5.97	17.6	23.5	35.1	52.7	87.9
850	454.4	4.92	21.1	19.0	28.1	42.2	70.3

Presiones manométricas máximas de aceite, Kg/cm²

800	426.7	6.47	19.3	26.0	36.7	58.3	97.0
850	454.4	5.76	17.2	23.2	34.4	52.0	86.5
900	482.2	4.92	14.7	19.7	29.5	44.3	73.8
950	510.0	3.87	11.6	15.4	23.2	34.8	58.0
1 000	537.8	2.81	8.44	11.2	16.9	25.3	42.2

* Para las capacidades de temperatura para 2 500 lb./pulg.² manom. (175 Kg/cm²), véase ASA B16.5, 1953.

^a Capacidad de presión para servicio primario.

Datos sobre dilatación térmica

(Código de estándares ASME para tubería a presión)

A = Coeficiente medio de dilatación térmica $\times 10^3$, cm por cm por $^{\circ}\text{C}$. } al pasar de 21°C . a la temperatura indicada
 B = Dilatación térmica lineal, cm por 100 m

Material	Coeficiente	Intervalo de temperaturas: de 21°C . a													
		21	93	149	204	260	316	371	426	482	537	593	648	704	759
Acero al carbono; acero al carbono-molibdeno; aceros bajos en Cr (hasta 37 de Cr)	A	...	11.5	11.9	12.3	12.6	13.0	13.4	13.8	14.1	14.3	14.6	14.7	14.9	15.0
	B	0	8.25	15.17	22.50	30.16	38.33	46.91	55.83	65.08	74.08	83.66	92.50	101.8	111.2
Aceros de aleación intermedia 5 Cr Mo-9 Cr Mo	A	...	10.9	11.1	11.4	11.7	12.0	12.2	12.5	12.8	13.0	13.2	13.3	13.5	13.6
	B	0	7.83	14.25	20.83	27.91	35.53	42.83	50.83	58.91	67.16	75.41	83.93	92.16	100.4
Aceros inoxidables austeníticos	A	...	16.8	17.0	17.3	17.5	17.7	17.9	18.1	18.3	18.5	18.7	18.9	19.0	19.1
	B	0	12.17	21.75	31.66	41.75	52.00	62.50	73.33	84.33	95.66	107.0	118.3	129.7	141.0
Aceros inoxidables al cromo, corrientes; 12 Cr, 17 Cr y 27 Cr	A	...	9.9	10.2	10.5	10.7	11.0	11.3	11.5	11.7	11.9	12.1	12.2	12.3	12.4
	B	0	7.17	13.00	19.17	25.67	32.50	39.41	46.66	54.08	61.66	69.25	76.66	84.25	91.75
25 Cr-20 Ni	A	...	14.0	14.3	14.5	14.8	15.1	15.3	15.6	15.9	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5
	B	0	10.08	18.17	26.67	35.33	44.41	53.66	63.33	73.16	82.91	92.66	102.6	112.2	122.1
Monel 67 Ni-30 Cu	A	...	14.1	14.4	14.8	15.1	15.4	15.8	16.1	16.5	16.8	17.1	17.5	17.8	18.1
	B	0	10.17	18.42	27.08	36.08	45.50	55.33	65.41	76.00	86.83	98.08	109.6	121.5	133.5
Monel 66 Ni-29 CuAl	A	...	13.5	13.8	14.2	14.6	14.9	15.3	15.7	16.0	16.4	16.7	17.1	17.5	17.8
	B	0	9.75	17.67	26.08	34.75	44.00	53.58	63.50	73.83	84.66	95.83	108.3	119.3	131.5
Aluminio	A	...	23.3	23.9	24.5	25.0	25.6								
	B	0	16.67	30.50	44.91	59.75	75.25								
Fundición gris	A	...	10.3	10.7	11.0	11.3	11.6	12.0	12.3	12.6	12.9				
	B	0	7.50	13.67	20.17	27.00	34.25	41.91	49.83	58.08	66.83				
Bronce	A	...	18.0	18.2	18.4	18.6	18.8	18.9	19.1	19.3	19.4	19.6	19.8		
	B	0	13.00	23.25	33.75	44.41	55.33	66.25	77.50	89.00	100.4	112.2	124.3		
Latón	A	...	17.6	18.0	18.4	18.9	19.2	19.7	20.1	20.5	20.9	21.3	21.8		
	B	0	12.67	23.00	33.75	45.00	56.66	68.83	81.50	94.58	108.2	122.1	136.6		
Hierro forjado o pudelado	A	...	13.2	13.5	13.7	13.9	14.2	14.4	14.6	14.9	15.1				
	B	0	9.50	17.17	25.08	33.25	41.75	50.50	59.33	68.83	78.00				
Cuproníquel (70/30)	A	...	15.4	15.7	16.0										
	B	0	11.08	20.00	29.33										

CAPITULO 9

CALCULOS DE TUBERIA

Con el fin de aclarar un poco más los conceptos expuestos, a continuación presentamos unos ejemplos relacionados con los estudios prácticos que hemos vivido durante nuestras visitas a Astilleros y Navíos.

EJEMPLO #1

Calcular la potencia y presión de descarga de una bomba para abastecer el tanque de combustible diario. (Plano N° 5).

DATOS.

Material: Tubo de acero galvanizado cedula 40.

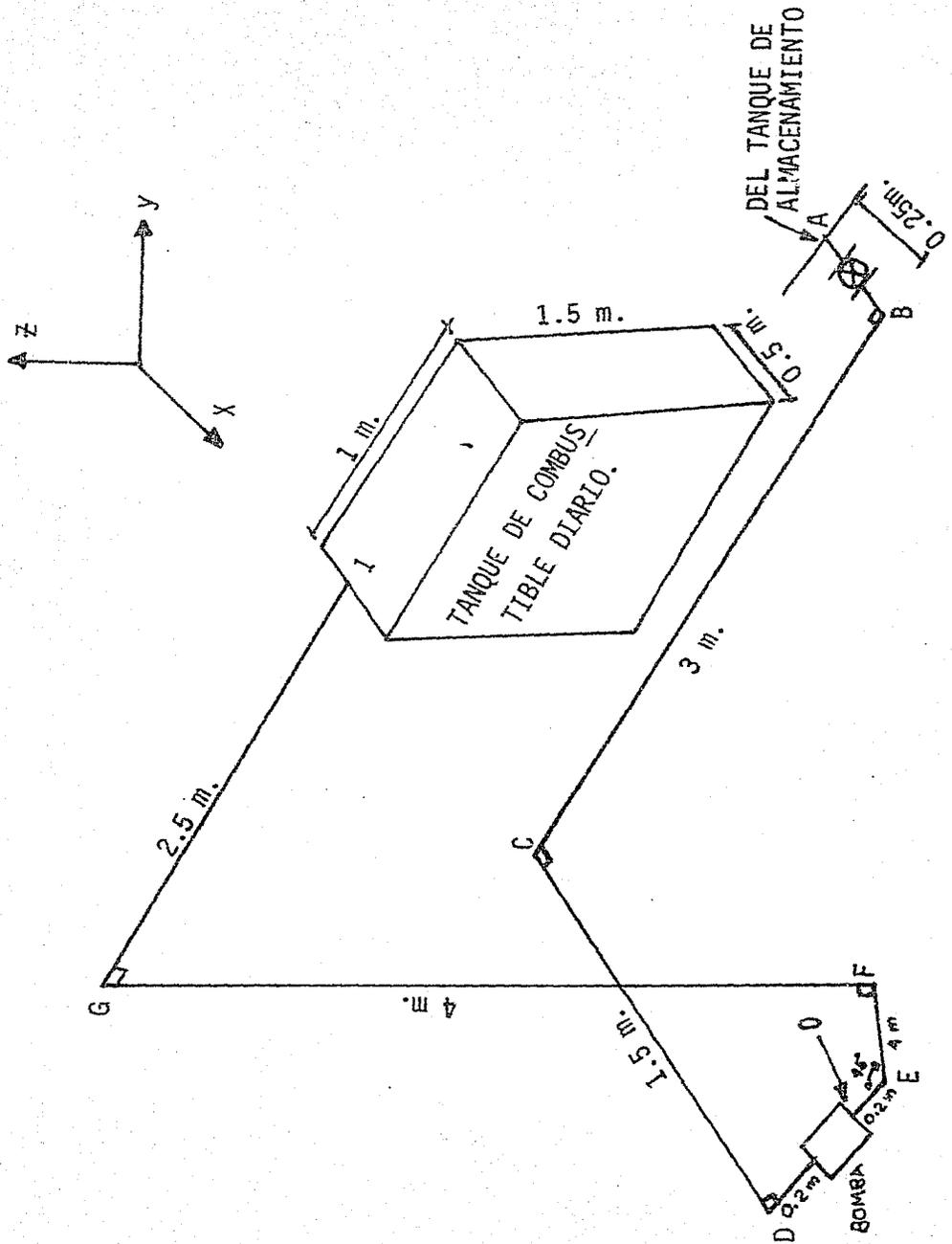
Fluido: Combustible Diesel ($\gamma=900 \text{ Kg/m}^3$, $v=0.014 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$)

Diámetro: Tubería de 2.54 cm. de diámetro interior.

Accesorios: Una válvula de compuerta de hierro, interior de bronce, cinco codos a 90° de hierro fundido.

Un codo a 45° de hierro fundido.

Gasto Bomba = $4 \text{ m}^3/\text{hr}$



SOLUCION

$$Q = 4\text{m}^3/\text{hr} = 1.11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$V_A = \frac{Q_A}{A} = \frac{1.11 \times 10^{-3}}{5.06 \times 10^{-4}} = 2.2\text{m}/\text{seg}$$

PERDIDAS:

$$h_f = \Sigma K_i \frac{V^2}{2g} + \Sigma f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\Sigma K_i \frac{V^2}{2g} = h_m \text{ (Pérdidas menores)}$$

$$\Sigma f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = h_M \text{ (Pérdidas mayores)}$$

Para encontrar el valor de K_i , vease tabla al final - del capítulo.

Donde:

K = Constante de pérdida en accesosios y cambios de - geometría

V = Velocidad del fluido (m/seg)

g = Aceleración de la gravedad = $9.8 \text{ m}/\text{seg}^2$

f = Coeficiente de fricción

L = Longitud (m)

D = Diámetro (m)

Cálculo de pérdidas mayores:

$$L = AB + BC + CD + DE + EF + FG + GH$$

$$AB = 0.25 - \text{Longitud válvula} = 0.25 - 2.10 = 0.15\text{m.}$$

$$L = 0.15 + 3.00 + 1.50 + 0.40 + 0.40 + 4.00 + 2.50$$

$$L = 11.95\text{m.}$$

Para encontrar f , necesitamos en contra el número de Reynolds y la rugosidad relativa (K_s):

$$R = \frac{V_A D}{\nu} = \frac{2.2 \times 0.0254}{0.014} = 40,000$$

$$K_s = \frac{e}{D} \quad \text{donde:}$$

$$e = \text{rugosidad absoluta} = 0.006 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$D = 0.0254\text{m}$$

$$K_s = \frac{0.006 \times 10^{-2}}{0.0254}$$

$$K_s = 0.00236$$

Con R y K_s , entramos al diagrama de Moody, (anexo al-final del capítulo) para encontrar f :

$$f = 0.03$$

Substituyendo valores en h_M

$$h_M = .03 \frac{11.95}{0.0254} \frac{4.84}{19.6}$$

$$h_M = 3.49\text{m.}$$

Calculo de pérdidas menores:

Para la "T" en A -----	K = 2.00
" " reducción en A -----	K = 0.33
" " válvula en AB -----	K = 0.25
" " codos a 90° -----	K = 0.75
" " " " 45° -----	K = 0.45
" salida en H -----	K = 1.00

$$K_i = 2 + 0.33 + 0.25 + 5 \times 0.75 + 0.45 + 1$$

$$K_i = 7.78$$

$$V = 2.2 \text{ m /seg.}$$

$$h_m = 7.78 \times \frac{(2.2)^2}{19.6} = 7.78 \times 0.247$$

$$h_m = 1.92\text{m.}$$

Pérdidas totales:

$$h_f = h_M + h_m = 1.92 + 3.49$$

$$h_f = 5.41 \text{ m.}$$

Estableciendo la ecuación de Bernoulli:

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_H + \frac{P_H}{\gamma} + \frac{V_H^2}{2g} = h_f$$

$$Z_A = 0; \quad Z_H = 4\text{m.}; \quad V_A = V_H; \quad \gamma = 900 \text{ Kg/m}^3; \quad h_f = 5.41 \text{ m.}$$

$$P_H \text{ man.} = 0; \quad g = 9.81 \text{ m/seg}^2.$$

$$0 = \frac{P_A}{900} + \frac{(2.2)^2}{19.6} = 4 + 0 + \frac{(2.2)^2}{19.6} + 5.41$$

$$\frac{P_A}{900} = 4 + 5.41$$

$$P_A = 900 \times 9.41 = 8470 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_A = 0.847 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Presión de descarga de la bomba.}$$

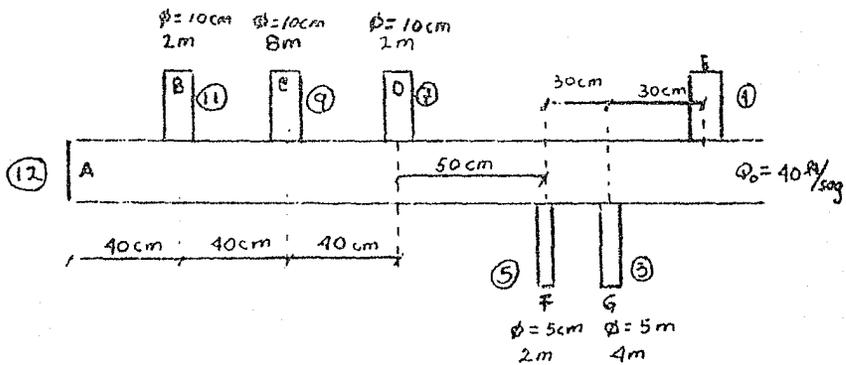
Cálculo de la potencia de la bomba:

$$\text{Pot} = P_A \times Q = 8470 \times 1.11 \times 10^{-3} = 9.4 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg.}}$$

$$\text{Pot} = 0.125 \text{ H.P.}$$

EJEMPLO # 2

Calculo de gastos en una sección de tubería del plano N° 6



A - Enfriamiento del Motor

B - Tanque de compensación

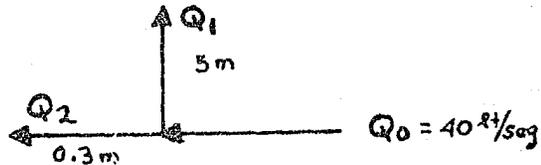
- C - Sistema de contra incendio
- D - Recirculacion
- E - Sistema de lastre
- F - Sistema de agua salada
- G - Sistema de aire acondicionado.

Resolveremos este problema por el metodo de:
HARDY CROSS.

Los datos que necesitamos son:

1. El diámetro D en cm
2. La longitud L en M
3. Un gasto Q_0 supuesto en lt/seg.
4. La perdida de carga S en m/100m (Esta perdida la encontramos en el nomograma de caudales diagrama-B (Que se anexa al final de capítulo)
5. $HL = S \times L$
6. HL/Q_0
7.
$$\Delta = - \frac{\sum HL}{1.85 \sum HL/Q_0}$$
8. $Q_0 + \Delta = Q$ (Buscado)
9. Pondremos negativo el gasto que circula por la tubería de mayor diámetro.

PRIMER TRAMO:



	D	L	Q _o	S	HL	HL/Q _o	Δ	Q
1	10	5	10	30	150	15	-5.4	4.6
2	15	.3	-30	-35	.105	.0035	-5.4	35.4

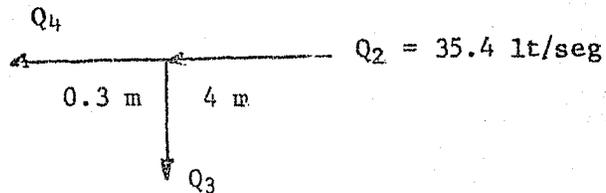
149.895 15.0035

$$\Delta = - \frac{149.895}{1.85 (15.0035)} = - 5.4$$

$$Q_1 = 4.6 \text{ lt/seg}$$

$$Q_2 = 35.4 \text{ lt/seg}$$

SEGUNDO TRAMO



	D	L	Q _o	S	HL	HL/Q _o	Δ	Q
3	5	4	10	185	740	74	-5.32	4.68
4	15	.3	.254	-30	-9	.354	-5.32	-30.72

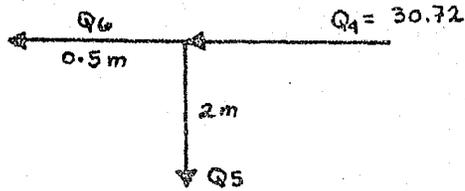
731 74.354

$$\Delta = - \frac{731}{1.85 (74.354)} = -5.32$$

$$Q_3 = 4.68 \text{ lt/seg}$$

$$Q_4 = 30.72 \text{ lt/seg}$$

TERCER TRAMO



	D	L	Qo	S	HL	HL/Qo	Δ	Q
5	5	2	10	185	370	37	-5.2	4.8
	15	.5	20.72	17	-8.5	.408	-5.2	25.92

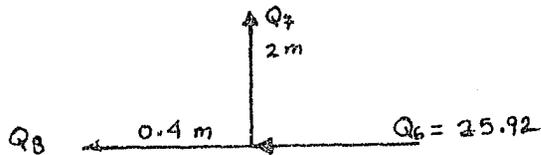
361.5 37.408

$$\Delta = - \frac{361.5}{1.85 (37.408)} = -5.2$$

$$Q_5 = 4.8 \text{ Lt/s}$$

$$Q_6 = 25.92 \text{ lt/seg.}$$

CUARTO TRAMO



	D	L	Qo	S	HL	HL/Qo	Δ	Q
7	10	2	10	30	60	6	-4.32	5.68
8	15	.4	-15.92	7	-2.8	.1748	-4.32	21.60

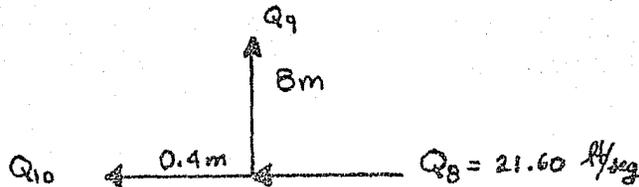
57.2 6.1748

$$\Delta = - \frac{57.2}{1.85 (6.1748)} = -4.32$$

$$Q_7 = 5.68 \text{ lt/seg}$$

$$Q_8 = 21.60 \text{ lt/seg}$$

QUINTO TRAMO



	D	L	Qo	S	HL	HL/Qo	Δ	O
9	10	8	8	20	160	20	-4.15	3.95
10	15	14	-13.60	9	-3.6	.248	-4.15	17.75

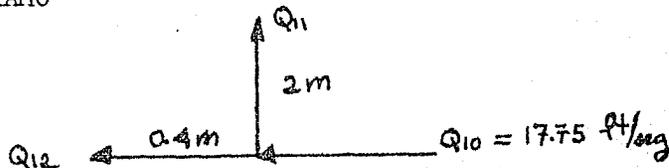
$$156.4 \quad 20.248$$

$$\Delta = - \frac{156.4}{1.85 (20.248)} = -4.15$$

$$Q_9 = 3.85 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{10} = 17.75 \text{ lt/seg}$$

SEXTO TRAMO



	D	L	Qo	S	HL	HL/Qo	Δ	Q
11	10	2	8	20	40	5	-3.52	4.48
12	15	.4	-9.75	4.5	-1.80	.85	-3.52	13.27

38.20 5.85

$$\Delta = - \frac{38.20}{1.85 (5.85)} = - 3.52$$

$$Q_{11} = 4.48 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{12} = 13.27 \text{ lt/seg}$$

Para encontrar mayor exactitud en los calculos se --
vuelve a repetir el procedimiento con los datos obtenidos.

Con un segundo calculo es suficiente para una buena --
aproximación ya que el diagrama "B" no puede conseguir --
una mayor precisión de 3.0 lt/seg. aproximadamente.

EJEMPLO # 3

USO DE LAS TABLAS DE PERDIDAS POR FRICCIÓN:

Las perdidas por fricción varían con la velocidad del líquido, diámetro tipo y condición interior del tubo así como también con la edad del mismo, por que conforme pasan los años, en las caras internas del tubo se van depositando sedimentos del líquido, los que ocasionan que el diámetro interno varíe y por lo tanto aumentan las pérdidas por fricción.

Son muchos los factores que aumentan o disminuyen --

las pérdidas por fricción en las tuberías. Los más importantes son:

Condiciones del líquido que pasa a través de ellos:	Velocidad
	Densidad
	Viscosidad
Condiciones de la Tubería	Diámetro interno
	Rugosidad de las paredes
	Edad de la tubería
	Longitud

Existen diversas fórmulas matemáticas para calcular estas pérdidas como son los de WILLIAMS and HAZEN y las del Instituto de Hidráulica. Para facilitar el trabajo, se han elaborado tablas en las que simplemente con el diámetro de la tubería y el "gasto" que pasa por ellas podemos saber el valor de las pérdidas por fricción (H_f) en metros ó pies de líquido.

Algunas de estas tablas son para tubería nueva, otras para tubería con los años de uso, etc., las más usadas son las de WILLIAMS and HAZEN que están hechas para tubería de 15 años.

Como podrá observarse, las pérdidas están en por ciento (%) ó sea en "pies por cada 100 pies de longitud" y también puede ser en "metros que cada 100 metros de longitud".

Ejemplos: A) Calcular las pérdidas por fricción en 200 pies de tubería de 4" \emptyset con gasto de

120 Gal/min.

PROCEDIMIENTO:

Se busca la intersección de la columna de 4" con la línea de 120 Gal. y encontraremos un valor de 1.77 que son las pérdidas de pies (porque los datos que utilizamos para encontrar dicho valor fueron en pulgadas y G.P.M.), por cada 100 pies de tubería; como en este caso tenemos 200 pies, las pérdidas totales serán $H_f = 1.77 \times 2.0 = 3.54$ pies.

b) Calcular las pérdidas por fricción en 50 pies de tubería de 4"Ø con un gasto de 120 Gal/min.

PROCEDIMIENTO:

Se sigue el anterior y encontramos el mismo valor 1.77 pies por cada 100 pies; como en éste caso son únicamente 50 pies de tubería, tenemos que las pérdidas serán la mitad del valor encontrado en las tablas ó sea:

$$H_f \quad 1.77 \quad \times \quad 0.5 \quad = \quad 0.885 \quad \text{pies}$$

Como los valores que aparecen en éstas tablas están en por ciento (%), los valores pueden ser en "metros por cada 100 metros" ó sea:

Calcular las pérdidas por fricción en 500 M de tubería de 152 mm. Ø con un gasto de 35 LPS.

PROCEDIMIENTO:

Lo primero que hay que hacer es convertir las unida--

des al sistema inglés (que es el que está en las tablas).

$$\begin{aligned} 152 \text{ mm } \varnothing &= 6'' \varnothing \\ 35 \text{ LPS } \varnothing &= 550 \text{ GPM} \end{aligned}$$

Después buscamos en las tablas la columna correspondiente a 6" \varnothing y su intersección con 550 G.P.M., vemos que el valor encontrado es de 3.96, este valor está en metros por cada 100 metros, por lo tanto: $H_f = 5.00$ (long. de la tubería) por 3.96 (metros por cada 100) = 19.80 M.

PROBLEMAS PARA RESOLVER

Calcular las pérdidas por fricción en las tuberías -- que están enlistadas:

LONGITUD	DIAMETRO	GASTO
150 M	2"	65 GPM
225 M	3"	100 GPM
600 M	8"	21 LPS
75 M	3"	5.67 LPS
700 M	6"	83 LPS

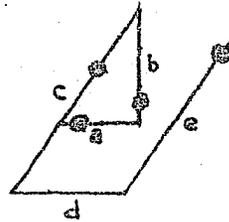
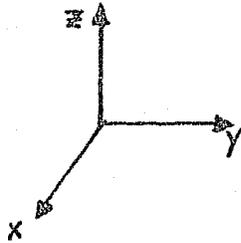
Para calcular las pérdidas por fricción en los accesorios de las tuberías se utilizan tablas a semejanza de las anteriores varían de acuerdo con la edad y condiciones de la tubería.

Utilizamos la siguiente tabla para calcular estas pérdidas:

Longitud equivalente de tubo recto, en m dando la resistencia equivalente)

Tamaño de tubo en mm.	Codo normal	Codo de radio medio	Codo de radio grande	Codo de 45	te	Válvula de compuerta abierta	Válvula de globo.	Eje de balancín abierto
25.4	0.82	0.70	0.52	0.39	1.77	0.18	8.23	2.04
50.8	1.68	1.40	1.06	0.76	3.35	0.36	17.38	3.96
76.2	2.47	2.07	1.55	1.16	5.18	0.52	25.92	6.10
101.6	3.35	2.77	2.13	1.52	6.71	0.70	33.55	8.23
127.0	4.27	3.66	2.71	1.86	8.23	0.88	42.70	10.06
152.4	4.88	4.27	3.35	2.35	10.06	1.06	48.80	12.20
203.2	6.40	5.49	4.27	3.05	13.10	1.37	67.10	16.16
254	7.93	6.71	5.18	3.96	17.03	1.74	88.45	20.43
304.8	9.76	7.93	6.10	4.57	20.13	2.04	103.70	24.40
355.6	10.98	9.45	7.01	5.18	23.18	2.44	118.95	28.36
406.4	12.81	10.67	8.23	5.79	26.53	2.74	131.15	32.63
457.2	14.03	12.20	9.15	6.40	30.50	3.11	152.50	36.60
508	15.86	13.11	10.37	7.01	33.55	3.66	170.80	40.87
609.6	19.21	16.16	12.20	8.54	42.70	4.27	207.40	48.80
914.4	28.67	24.09	18.30	13.11	61.00	6.10	305.00	73.20

EJEMPLO. Vamos a calcular las pérdidas por fricción (H_f) en la siguiente tubería.



PROCEDIMIENTO

1. Se calcula la longitud de la tubería.

$$a = 20 \text{ M}$$

$$b = 30 \text{ M}$$

$$c = 60 \text{ M}$$

$$d = 30 \text{ M}$$

$$e = 50 \text{ M}$$

TOTAL = 190 M de tubería de 6" \varnothing

2. Se hace el recuento de conexiones.

4 codos radio medio de 90° x 6" \varnothing

3 Válvulas de compuerta de 6" \varnothing

1 válvula de retención 6" \varnothing

3. En estas tablas se busca la "longitud" equivalente de tubería en metros del accesorio.

1 codo de 152 mm (6") \varnothing radio equivalente a 4.27 M de tubería de 152 mm.

1 válvula de compuerta de 152 mm (6") \emptyset equivalente a 1.06 M de tubería de 152 mm.

1 válvula de retención de 152 mm (6") \emptyset equivalente a 12.20 M de tubería de 162 mm.

Por lo tanto:

4 codos	=	4.27 x 4	=	17.08 M
3 V.C.	=	1.06 x 3	=	3.18 M
1 válvula de retención	=		=	12.20 M
T O T A L				<u>32.46 M</u>

O sea que los accesorios equivalen a 32.46 M de tubería recta.

4. Tenemos:

190 M	de tubería de 6" \emptyset
+ 32.46	de longitud equivalente de tubería.
<hr/>	
222.46	M Longitud Total.

Este es el valor que utilizamos para calcular las pérdidas por fricción esto es:

Longitud de tubería	22.46	M
Gasto = 21.5 LPS	=	340 GPM
Diámetro = 152 mm	=	6"

5. En las tablas de WILLIAMS and HANZEN, buscamos que valor tienen las pérdidas (con los valores señalados con el anterior).

Encontramos 1.62 M x cada 100 M

Y como la tubería tiene 22.46 M. las pérdidas totales
serán:

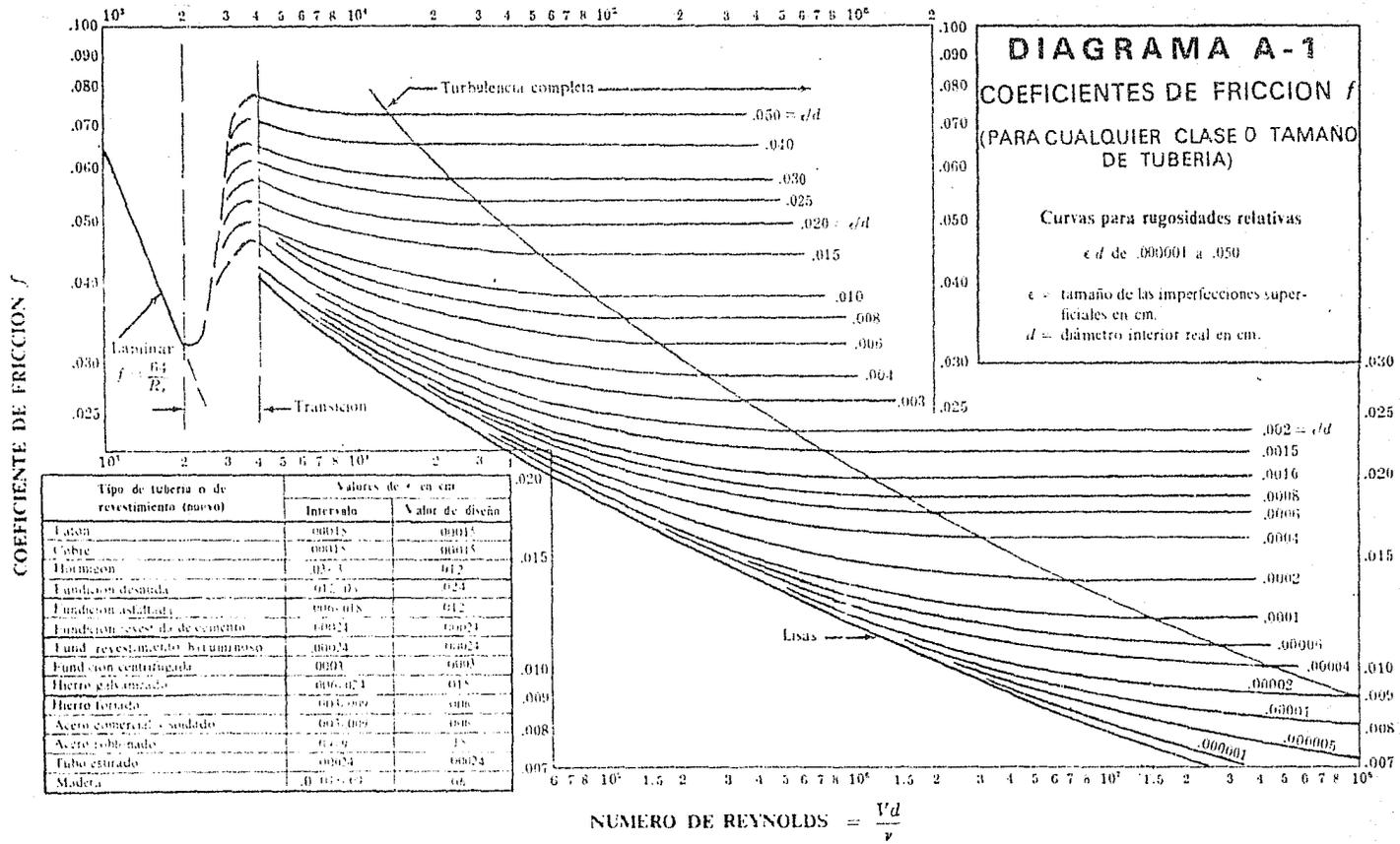
$$2.224 \times 1.62 = 3.60 \text{ M}$$

PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS

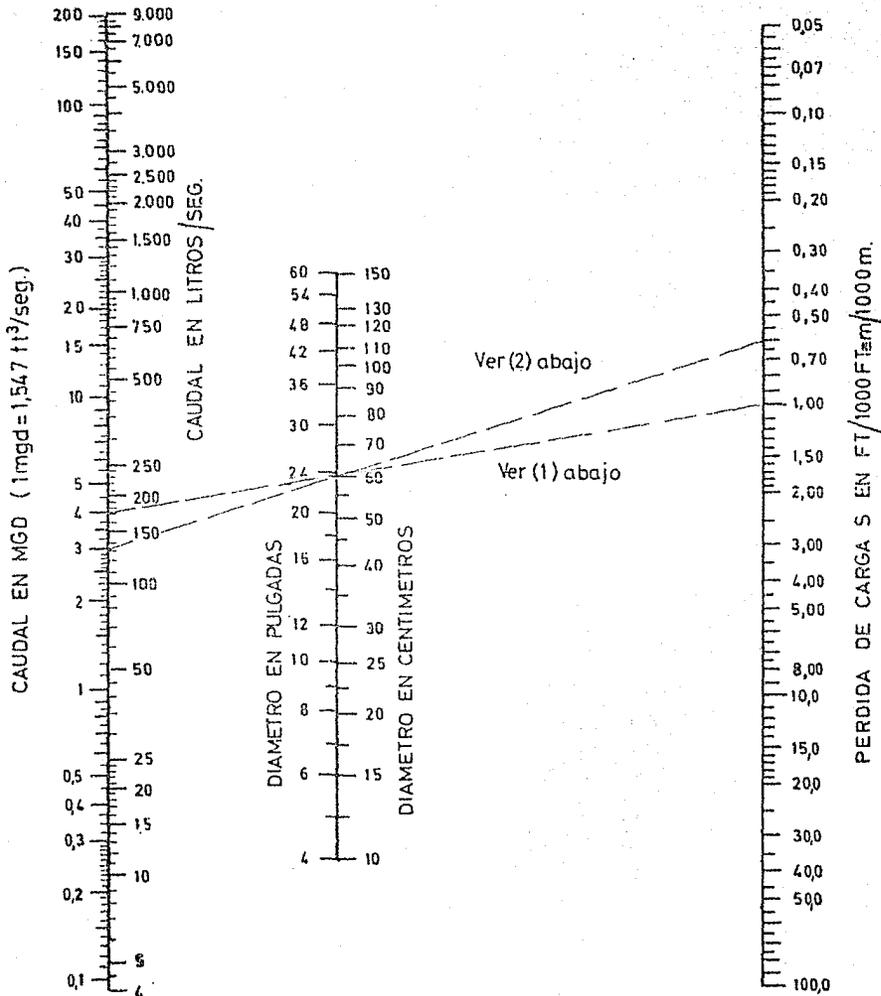
(Subíndice 1 = aguas arriba y subíndice 2 = aguas abajo)

Accesorio	Pérdida de carga media
1. De depósito a tubería --conexión a ras de la pared (pérdida a la entrada)	$0,50 \frac{V_2^2}{2g}$
-- tubería entrante	$1,00 \frac{V_2^2}{2g}$
-- conexión abocinada	$0,05 \frac{V_2^2}{2g}$
2. De tubería a depósito (pérdida a la salida)	$1,00 \frac{V_1^2}{2g}$
3. Ensanchamiento brusco	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
4. Ensanchamiento gradual (véase Tabla 5)	$K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
5. Venturímetros, boquillas y orificios	$\left(\frac{1}{c_v^2} - 1\right) \frac{V_2^2}{2g}$
6. Contracción brusca (véase Tabla 5)	$K_c \frac{V_2^2}{2g}$
7. Codos, accesorios, válvulas*	$K \frac{V^2}{2g}$
Algunos valores corrientes de K son:	
45° codo	0,35 a 0,45
90° codo	0,50 a 0,75
Tees	1,50 a 2,00
Válvulas de compuerta (abierta)	aprox. 0,25
Válvulas de control (abierta)	aprox. 3,0

* Véanse manuales de hidráulica para más detalles.



MONOGRAMA DE CAUDALES
FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS, $C_1 = 100$

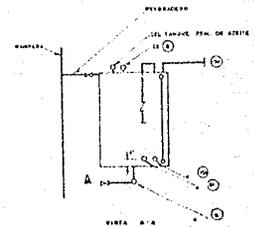
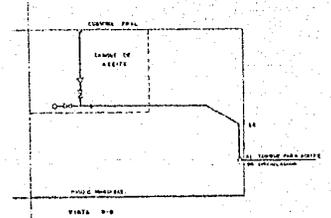
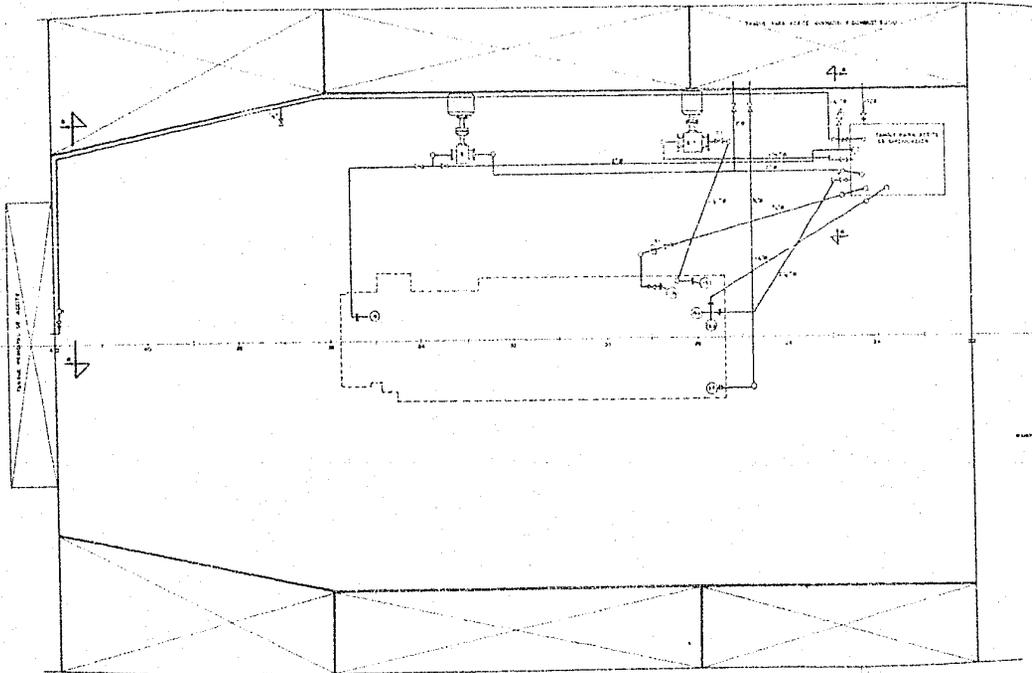


UTILIZACION DEL MONOGRAMA

- (1) Dado $D=60\text{ cm}$, $S=1,0\text{ m}/1000\text{ m}$, $C_1=120$; determinar el caudal Q .
 El nomograma dá $Q_{100}=170\text{ l./seg.}$
 Para $C_1=120$, $Q=(120/100)170=204\text{ l./seg.}$
- (2) Dado $Q=156\text{ l./seg.}$, $D=60\text{ cm}$, $C_1=120$; determinar la pérdida de carga.
 Cambiando Q_{120} a Q_{100} : $Q_{100}=(100/120)156=130\text{ l./seg.}$
 El nomograma dá $S=0,60\text{ m./1000m.}$

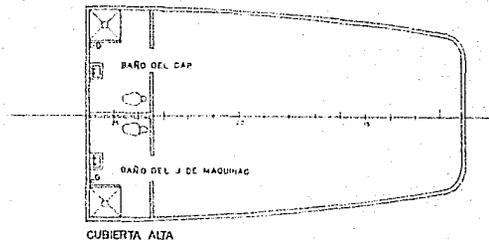
CAPITULO 10

PLANOS DE LOS SISTEMAS DE TUBERIA
EN UN REMOLCADOR CONSTRUIDO PARA
PEMEX, EN "ASTILLEROS DE VERACRUZ"

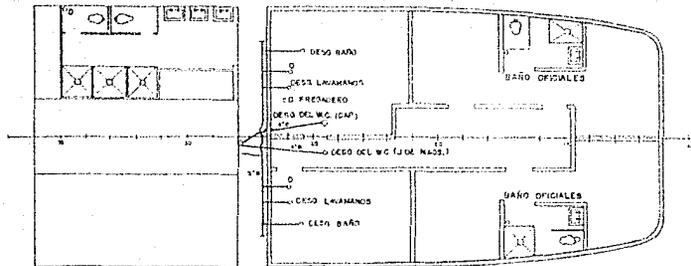
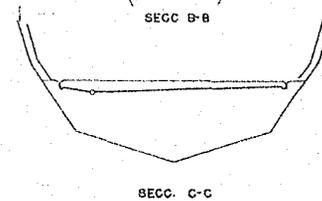
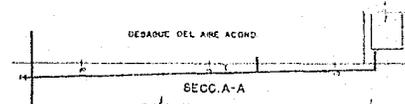
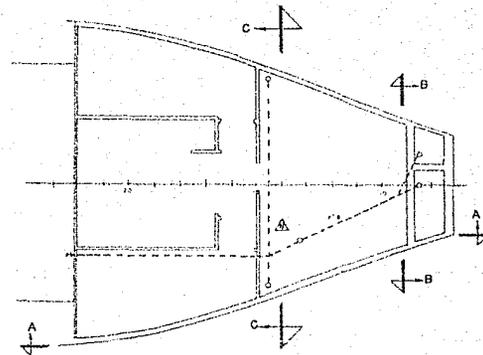


PLANTA

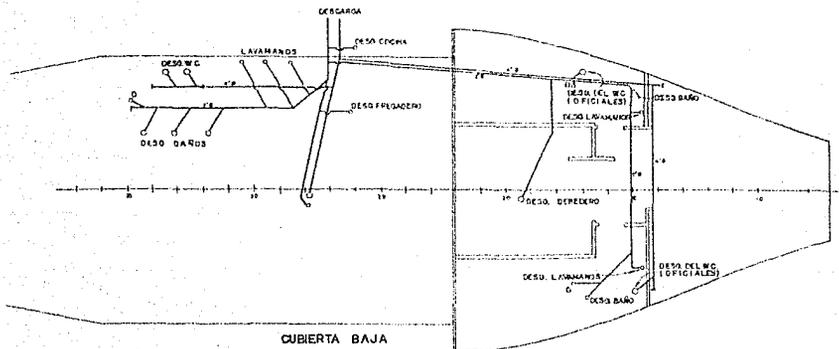
U.N.A.M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
REMOLCADOR	
SISTEMA DE LUBRICACION	
MEXICO D.F. JULIO	1971 PLANO N° 2



CUBIERTA ALTA



CUBIERTA PRINCIPAL



CUBIERTA BAJA

U.N.A.M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
REMOLCADOR	
TUBERIA DE DEGAGUE, LAVAMANOS	
W.C., BAÑOS Y REF.	
MEXICO 07 JULIO 1971	PLANO N° 3

C A P I T U L O 11

CONCLUSIONES GENERALES

Después del estudio efectuado, en relación con los sistemas de tubería, en la industria de las construcciones navales en México, hemos podido observar la gran importancia que tienen dichos sistemas para el adecuado funcionamiento de los barcos.

Si tenemos en cuenta que en nuestro país contamos a la fecha con un gran avance tecnológico, consecuencias de los programas de industrialización promovidos por el gobierno en diversas zonas del territorio nacional, podremos concluir que la mayor parte de los materiales empleados dentro de dichas instalaciones, son producidos en México.

En lo referente a la construcción de buques, la industria naval ha tenido un lento desarrollo, que redundará en la poca aplicación de la ingeniería en el diseño y fabricación de accesorios para los sistemas de tubería, ya que algunos accesorios (bombas, válvulas, etc.) no se producen en México, puesto que sería incosteable su fabricación. Tales accesorios se podrían construir totalmente en el país, por tener los materiales y la industria necesaria para alcanzar dicho objetivo.

En nuestra opinión, la industria de las construcciones navales, logrará su pleno desarrollo en un futuro próximo, en cuanto se provean inversiones para producir buques de mediano y gran calado.

En cuanto a la potabilización del agua de mar, podemos observar que dentro del tipo de buques construidos en México (camaroneros, chalanes y remolcadores), no ha sido posible instalar el equipo adecuado de potabilización, por no ser de fabricación nacional y que de importarse ocasionaría un alto costo del mismo.

Además, para el poco calado de tales buques, resulta inconveniente la instalación de esos equipos.

Por las razones anteriores, se les dota con tanques de almacenamiento de agua potable, que limitan su radio de acción en forma considerable.

Aparte de lo que exponemos al principio de cada uno de los capítulos y considerando que la industria de construcciones navales en nuestro querido México, será una realidad (esperamos sea lo antes posible). Consideramos que en los ingenieros :mécánicos electricistas que se decidan a laborar en "Construcciones Navales" puede estar la semilla básica de nuestra Arquitectura Naval. Todo es cuestión de actuar; decir se ha dicho mucho, y se sigue diciendo.

CAPITULO 12

BIBLIOGRAFIA

"Agua dulce de los salados mares".
David. O. Woodbury

"Mecánica de Fluidos e Hidráulica".
Ranald V. Giles.

"Manual del Ingeniero Mecánico de Marks"
Baumeister y Marks.

"Procesos Tecnológicos Progresivos en la Construcción de -
Maquinaria".

G.I. Pogodin - Alexeev, N.A. Razumov, N.D. Titov, E.G. ---
Shiptalnyi y N.A. Sherbina.

"Marine Engineering" Vol. 2
The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

"Corrosión Handbook"
H.H. Uhlig.

"Defectos y roturas en recipientes a presión y tuberías"
Helmut Thielsch

"Plant Engineering Handbook"
William Stanier

"Modern Seamanship"
Agustín M. Knight.