

300615

21

2º



**UNIVERSIDAD LA SALLE A. C.**

**ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**“ SISTEMAS PARA TRANSPORTE DE  
HIDROCARBUROS POR TUBERIA ”**

## **TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O   C I V I L**  
P R E S E N T A:

**JULIO   WALTHER   SCHOTTE   OCHOA**

MEXICO, D. F.,

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1989.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# I N D I C E

PAG.

INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO I</b> TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS POR TUBERIA	5
1.1 ALCANCE	5
1.2 EXCEPCIONES	5
1.3 CONSTITUCION DE LOS SISTEMAS	6
1.4 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS	6
1.5 REQUISITOS DE DISEÑO	7
1.6 MATERIALES DE CONSTRUCCION	15
1.7 PRUEBAS DE RESISTENCIA	20
<b>CAPITULO II</b> REQUISITOS DE EJECUCION	23
II.1 PROYECTO	23
II.2 PLANOS DE PROYECTO	24
II.3 DERECHO DE VIA	25
II.4 DIVISIONES DE OBRA	27
II.5 LINEA REGULAR Y OBRAS ESPECIALES	28
II.6 PERSONAL	30
II.7 EQUIPO	31
II.8 CALENDARIO DE OBRA	35
<b>CAPITULO III</b> CONSTRUCCION DE LA LINEA	35
III.1 RETRAZO DEL DERECHO DE VIA	36
III.2 APERTURA DEL DERECHO DE VIA	37
III.3 TERRACERIAS DERECHO DE VIA	41
III.4 EXCAVACION DE ZANJA	49
III.5 TENDIDO DE TUBERIA	58
III.6 DOBLADO DE TUBERIA	61
III.7 ALINEADO Y SOLDADO DE TUBERIA	63
III.8 LIMPIEZA INTERIOR	95
III.9 EMPATES	97
III.10 MEDICION DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA	98
III.11 RESTAURACION Y LIMPIEZA DEL DERECHO DE VIA	99
III.12 OBRAS ESPECIALES	103
III.13 OBRAS AUXILIARES	106
<b>CAPITULO IV</b> INSPECCION RADIOGRAFICA	115
IV.1 INSPECCION Y PRUEBA DE SOLDADURAS	115
IV.2 REPARACION DE SOLDADURAS	134

	Pág.
<b>CAPITULO V PROTECCION ANTICORROSIVA Y PRUEBA HIDROSTATICA</b>	<b>135</b>
V.1 CORROSION	135
V.2 TIPOS DE PROTECCION	135
V.3 CONTROL DE CORROSION	136
V.4 PROTECCION CATODICA	157
V.5 BAJADO Y TAPADO DE TUBERIA	170
V.6 PRUEBA HIDROSTATICA	173
<b>CAPITULO VI SERALAMIENTOS</b>	<b>176</b>
VI.1 OBJETIVO	176
VI.2 SERALAMIENTOS INFORMATIVOS	176
VI.3 SERALAMIENTOS RESTRICTIVOS	181
VI.4 SERALAMIENTOS PREVENTIVOS	186
VI.5 DISPOSICIONES GENERALES	190
<b>CAPITULO VII CUANTIFICACION DE LOS TRABAJOS</b>	<b>192</b>
VII.1 CRITERIOS DE MEDICION	192
VII.2 CONCEPTOS DE TRABAJO	194
VII.3 ALCANCES DE LOS CONCEPTOS	196
<b>CAPITULO VIII MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS</b>	<b>200</b>
VIII.1 GENERALIDADES	200
VIII.2 RECORRIDO DEL DERECHO DE VIA	201
VIII.3 REQUISITOS GENERALES PARA EFECTUAR REPARACIONES	202
VIII.4 PRUEBA DE LAS REPARACIONES	204
<b>REFERENCIAS</b>	<b>205</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>206</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>207</b>

## I N T R O D U C C I O N

Los grandes requerimientos energéticos del mundo actual, son suministrados casi en su totalidad por el carbón, el petróleo y el gas natural, mismos que debido a su origen son conocidos como combustibles fósiles. De estos, el más importante es el petróleo, que es resultado de una compleja mezcla de hidrocarburos y que se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso en el interior de la tierra a diferentes profundidades. Los hidrocarburos que componen el petróleo son producto de la muy lenta descomposición de materia orgánica por bacterias en un pasado remoto.

La palabra petróleo proviene del Bajo Latín; de "petra" que significa piedra o roca y de "oleum" que significa aceite.<sup>1</sup> Fue utilizada por vez primera por el mineralogista alemán Georgius Agricola (1494-1555) en un trabajo publicado en 1556, en el que se describía su obtención y refinamiento. Sin embargo, el hombre ha hecho uso del petróleo desde mucho tiempo antes. Los Sumerios, Asirios y Babilonios usaron los grandes afloramientos -- cercanos al río Eufrates, y similares afloramientos eran conocidos y aprovechados de diversas maneras en muchos lugares de Mesopotamia y áreas contiguas al Mediterraneo Oriental.

Se le usaba entre otras cosas, para calentar, iluminar, lubricar, pegar tabiques, impermeabilizar canastas y construir caminos. Su explotación por perforación aunque en forma incipiente fue iniciada por los Chinos quienes lo encontraron accidentalmente al perforar pozos de Salmuera antes de la Era Cristiana. Habrían de pasar poco más de 2000 años antes de que la perforación sistemática en busca de petróleo se iniciara, marcando el inicio de la actual Era Petrolera.

A mediados del siglo XIX ante el creciente desarrollo de nuevos centros urbanos necesitados de mejor iluminación y de la mayor demanda de lubricantes por parte de las industrias, se evidenció la urgente necesidad de encontrar un sustituto al aceite de ballena, el cual ante escasez de estos mamíferos en los mares, se estaba volviendo muy difícil de obtener.

En esa misma época, un poco tiempo después se logró obtener aceite a partir del carbón; y para 1859 se habían establecido pequeñas refinerías en Europa y en los Estados Unidos de Norteamérica.<sup>2</sup>

En ese mismo año, el 27 de Agosto de 1859, el primer pozo perforado específicamente para la obtención del petróleo comenzó a producir. Este pozo perforado por E.L. Drake en Titusville, Pennsylvania a una profundidad de 69 1/2 pies (21 m) y las refinerías establecidas posteriormente para el proceso de este nuevo producto, marcaron el inicio de la industria petrolera. Poco tiempo después se advirtió que el transporte terrestre y fluvial del petróleo en barriles de madera, era insuficiente e inadecuado para responder a las crecientes demandas del nuevo combustible. Fue así que en 1865 la primera línea de conducción de hidrocarburos fue tendida, logrando así que la industria petrolera contara con un económico y seguro sistema de transporte.

En México desde 1863 se hicieron los primeros intentos por explotar nuestros recursos petroleros, aunque fue hasta 1869 cuando el Dr. Adolph Autrey de origen irlandés y naturalizado mexicano, perforó el primer pozo del que se tiene noticia, en Papantla, Ver.. Sin embargo no fue sino hasta 1901 al establecer la compañía Norteamericana Mexican Petroleum Company su primer campo petrolero en San Luis Potosí, que la industria petrolera en México tomó impulso.

Después vendrían otras compañías extranjeras, entre las - que sobresalen "El Aguila", "La Huasteca", "La Transcontinental", "La Corona", "La Pennsylvania" y la "Internacional". Todas estas compañías explotaron nuestros recursos petroleros hasta que en 1938, el 18 de Marzo, el entonces Presidente Constitucional de la República Mexicana decretó la Nacionalización de la industria petrolera y - la expropiación de los bienes de la mayor parte de estas compañías petroleras.

Como consecuencia de la expropiación, y ante la necesidad de que el país contara con un organismo que se hiciera cargo de la explotación y administración del patrimonio nacional que representaban los recursos petroleros de la nación, ese mismo año el 7 de Junio se creó Petroleos Mexicanos.

Hoy día, a 50 años de este trascendental evento, la industria petrolera es la más importante de nuestro país. En el panorama mundial ha colocado a México en el 4° lugar por sus reservas probadas de hidrocarburos, y en el 6° lugar en lo que a producción de estos se refiere. Actualmente, el volumen de exportaciones asciende aproximadamente a 11350,000 barriles por día; de estos el 91% corresponde a petróleo "crudo", el 8.4% a productos petrolíferos y el 0.6% a productos petroquímicos. La óptima recolección, transporte y distribución de estos hidrocarburos, así como de los que se destinan para el consumo interno, se logra mediante los sistemas de transporte de hidrocarburos por tubería con que cuenta nuestro país. Estos sistemas se encuentran integrados en una red nacional de ductos, que a la fecha, esta constituida por aproximadamente 13,500 km de gasoductos, 5000 km de oleoductos, 10,000 km de líneas para el transporte de destilados, gas licuado y productos petroquímicos, así como, por 23,000 km de líneas de recolección en los campos petroleros.

Esta red nacional de ductos, con una longitud total de casi 52,000 km, se entiende por 21 entidades federativas desde Chihuahua hasta Yucatan. Existen adicionalmente, líneas aisladas en Baja California Norte, Sonora y Sinaloa.

La importancia, que para satisfacer la demanda interna de hidrocarburos tiene esta red de ductos, es evidente si se toma en cuenta que el 80% de la energía total que se consume en México, es obtenida a partir de los hidrocarburos. Esta cifra, destaca la importancia que tiene el suministro oportuno de estos energéticos a los centros de procesamiento y de consumo. A través de la red nacional de ductos, se realiza el suministro de más del 75% de estos hidrocarburos, y únicamente poco más del 20% se mueve por buques ferrocarril y carretera.

## C A P I T U L O I

### TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS POR TUBERIA

#### I.1 ALCANCE

Este trabajo de Tesis tiene como objetivo proporcionar una visión más amplia de una especialidad de la Ingeniería Civil que por sus características, posee muy escasa divulgación. Es por esto que aquí se presentan los procedimientos empleados en la Construcción de líneas de conducción de hidrocarburos por tubería, mismos que se apegan a una serie de normas y especificaciones de la Industria Petrolera.

Entendiéndose por Sistemas de Transportación de Hidrocarburos o línea de conducción de hidrocarburos a las tuberías que transportan petróleo crudo, condensado, gasolina natural, líquidos de gas natural, gas licuado del petróleo y productos líquidos del petróleo, entre: instalaciones de producción de campo, patios de tanques plantas de proceso de gas natural, refinerías, estaciones, terminales y otros puntos de entrega y de recibo.

Comprende también, tuberías primarias y auxiliares -- asociadas que conduzcan líquidos, en terminales, en patios de tanques, en estaciones de bombeo, en estaciones reductoras de presión y en estaciones de medición, incluso en trampas de diablos, en filtros, en derivaciones de prueba, en tanques de almacenamiento fabricados con tubos y accesorios, y las tuberías de interconexión de estas instalaciones.

#### I.2 EXCEPCIONES

Los sistemas de transporte de hidrocarburos por tubería, no abarcan las siguientes instalaciones:

a) Tuberías auxiliares que conducen agua, aire, vapor, aceite de lubricación gas y combustibles.

b) Recipientes a presión, cambiadores de calor, bombas medidores y otros equipos que incluyan tubos y accesorios internos.

c) Tuberías diseñadas para presión interna.

d) Tuberías de perforación o tubos usados en pozos de nafta, separadores de gas y aceite, tanques para petróleo crudo en producción, otras instalaciones de producción, y tuberías de interconexión entre todas las instalaciones.

e) Tuberías en plantas de refinación, petroquímicas, de gasolina natural, de procesamiento de gas y almacenamiento de productos.

f) Tuberías de distribución de los sistemas.

### 1.3 CONSTITUCION DE LOS SISTEMAS

Se puede considerar que una línea de conducción está constituida por: tubos, bridas, espárragos, empaquetaduras, válvulas, dispositivos de seguridad; accesorios y partes a presión de componentes de tuberías; también se incluyen collares, soportes y accesorios para prevenir esfuerzos de partes sujetas a presión interna. No están incluidas estructuras de apoyo de tuberías, armaduras, puentes, postes, cimentaciones, etc.

### 1.4 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

Los Sistemas para transportación de hidrocarburos por tubería se clasifican de acuerdo a las características del fluido que transporta en:

- A. Sistemas para transporte de hidrocarburos líquidos
- B. Sistemas para transporte de hidrocarburos gaseosos
- C. Sistemas para transporte de productos químicos o petroquímicos.

#### SISTEMAS PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS

Serán las tuberías que se destinen a la conducción de petróleo crudo, gasolina natural, gases licuados y productos líquidos derivados de la destilación de petróleo; comúnmente usados como combustibles o como materias primas para la fabricación de los mismos.

#### SISTEMAS PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS GASEOSOS

Estas tuberías se destinarán a la conducción de productos en estado gaseoso, tales como gas natural derivado de la extracción o gases obtenidos del tratamiento o destilación del petróleo; cuyo uso común será su empleo como combustible.

#### SISTEMAS PARA TRANSPORTE DE PRODUCTOS QUIMICOS O PETROQUIMICOS

Serán las tuberías destinadas al transporte de productos químicos o petroquímicos, ya sea en estado líquido o gaseoso, obtenidos a partir del petróleo.

### 1.5 REQUISITOS DE DISEÑO

Este trabajo no pretende resumir todos los aspectos que son necesarios considerar para diseñar un sistema para el transporte de hidrocarburos por tubería, por lo tanto no elimina la necesidad de analizar completa y rigurosamente cada uno y la combinación de los factores involucrados en el diseño de una línea de conducción. Los requisitos aquí señalados son los mínimos de obligatoriedad general basados en un enfoque simplificado de ingeniería y deberán complementarse mediante evaluaciones específicas del proyecto a desarrollar.

El diseño de tuberías para transporte de hidrocarburos, deberá considerar entre otros los siguientes aspectos:

A. Características físicas y químicas del fluido.

B. Presión y temperatura máximas de operación en condiciones estables.

C. Especificaciones del material seleccionado de acuerdo con las normas.

D. Cargas adicionales. En el diseño de tuberías deberán considerarse las cargas que puedan preverse actuarán sobre la tubería, de acuerdo con las características de las regiones que atraviesa y las condiciones de trabajo, tales como:

1. Cargas externas causadas por condiciones de operación.

2. Carga de viento, además de las relativas a expansión y flexibilidad, en tuberías suspendidas o aéreas.

Para tuberías aéreas o no soportadas continuamente, además de los factores aplicables que se mencionan en este inciso, deberán considerarse: cargas vivas como lo son el peso del producto transportado, la nieve, el hielo, etc., y cargas muertas por lo son el peso propio de la tubería, recubrimientos, rellenos, válvulas y otros accesorios no soportados.

3. Sismos,

4. Vibración y resonancia causada por vibración.

5. Esfuerzos causados por asentamientos o derrumbes en regiones de suelos inestables.

6. Efectos de contracción y expansión térmica, cuando la diferencial de temperaturas es mayor a 30°C (86°F).

7. Efectos de los movimientos relativos de los componentes o accesorios conectados.

8. Esfuerzos debidos a cambios de nivel o dirección.

9. Esfuerzos por golpe de ariete.

10. Esfuerzos en cruces de rfo.

11. Esfuerzos por oleajes y corrientes marítimas.

E. Tolerancia y variaciones permisibles en especifica

ciones y condiciones de operación.

F. Factor de seguridad por eficiencia de junta (E).

G. Espesor adicional por desgaste o margen de corrosión.

Será obligación de la entidad que solicite la construcción de un sistema de tubería así como de la Gerencia -- que lo vaya a operar, presentar el análisis químico y las características físicas del producto por transportar, además de los antecedentes operativos, de inspección y de mantenimiento de tuberías de transporte que operen con fluidos semejantes, siendo especialmente importante saber si el ducto -- transportará materiales corrosivos. De ser este caso, indicarán los procedimientos que se utilizarán para eliminar el ataque de los materiales o en su defecto señalarán la imposibilidad de proteger el equipo.

Estos antecedentes normarán el criterio del diseñador para seleccionar materiales, elementos de protección, margen de corrosión, etc.

El diseñador deberá presentar, invariablemente, diagrama de flujo, planos del proyecto, especificaciones, memoria de cálculo, etc., así como todos los aspectos considerados en el diseño, mencionados anteriormente.

#### PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACION

Es la presión máxima en cualquier punto de la tubería que puede desarrollarse operando el ducto al 100% de su capacidad en condiciones de flujo regular, uniforme y constante y teniendo en cuenta la columna estática sobre el punto considerado y la presión requerida para compensar las pérdidas por fricción.

#### PRESION DE DISEÑO

Es el valor de presión (P) usado en la fórmula de diseño, el cual deberá ser mayor o igual a la presión máxima - de operación en condiciones estables y ésta a su vez, deberá ser mayor de 1.06 kg/cm<sup>2</sup> (15 lb/pulg<sup>2</sup>).

#### TEMPERATURA DE DISEÑO

Es la temperatura tomada como referencia para considerar la resistencia del material. Deberá ser mayor o igual a la temperatura máxima de operación en condiciones estables y ésta a su vez deberá estar comprendida entre -28.9°C (-20°F) y 121.1°C (250°F).

#### ESFUERZO DE TRABAJO MAXIMO PERMISIBLE

Es el valor de esfuerzo a la tensión más grande a que puede someterse un material, considerando su resistencia, la eficiencia de soldadura y las tolerancias de especificación; sin que sufra deformaciones permanentes. Este valor se manejará en la ecuación de diseño por presión interna y se calculará de la manera siguiente:

$$S = F \times E \times R$$

en donde:

- S = Esfuerzo de trabajo máximo permisible (lb/pulg<sup>2</sup>).
- F = 0.72 (adimensional). Factor de diseño basado en el espesor nominal de la pared. Al establecer este factor, se han considerado y tomado en cuenta las diferentes deficiencias de espesor y las tolerancias de defectos estipuladas en las especificaciones aprobadas por el Código. ANSI B31.4.
- E = Eficiencia (adimensional), de junta soldada de acuerdo con la Tabla No. 1.
- R = Resistencia mínima especificada a la cedencia (lb/pulg<sup>2</sup>).

de acuerdo con la Tabla 402.3.1 y 423.1 del Código -- ANSI B31.4 para materiales nuevos de especificación -- conocida y aprobada. En el caso de materiales usados de especificación conocida y aprobada o de materiales nuevos o usados de especificación desconocida, se -- asignará el valor de "R" aplicable según lo indicado en el subíndice I.6.

El valor calculado para esfuerzo de trabajo máximo -- permisible, de acuerdo a la fórmula anterior, deberá reducir se en un 25% cuando se trate de un tubo que después de que -- ha sido trabajado en frío, es calentado a 315.5°C (600°F) o más por un medio distinto a la soldadura.

#### ESPESOR MINIMO

El espesor mínimo necesario de la pared de un tubo, -- sometido exclusivamente a presión interna, se calculará con la fórmula siguiente:

$$t = \frac{PD}{2S}$$

En donde:

- t = Espesor de pared mínimo de un tubo, sometido exclusi- vamente a presión interna (pulgadas).
- P = Presión de diseño (lb/pulg<sup>2</sup>).
- D = Diámetro nominal exterior (pulgadas)
- S = Esfuerzo de trabajo máximo permisible (lb/pulg<sup>2</sup>).

ESPESOR MINIMO REQUERIDO. Es el valor calculado con la fórmula señalada, incrementándose con las tolerancias obtenidas del análisis y evaluación de los factores menciona-- dos al inicio de este subíndice en los párrafos D, E, F y G; el cual nunca será menor al indicado en la Tabla 2 (corres-- pondiente a la Tabla 401.1.1 del Código ANSI B31.4).

12  
TABLA No. 1

TABLA EFICIENCIA DE JUNTA SOLDADA  
LONGITUDINAL O ESPIRAL "E"

Número de especificación	Tipo de tubo (1)	Eficiencia de Junta "E" tubo fabricado después de 1958
ASTM A 53	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por traslape en horno	0.80
	Soldado a tope en horno	0.60
ASTM A 106	Sin costura	1.00
ASTM A 134	Soldado (arco) por fusión eléctrica de paso sencillo o doble	0.80
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A 135	Soldado por fusión eléctrica de paso sencillo o doble	0.80
ASIM A 139	Soldado por fusión eléctrica	1.00
ASTM A 135	Soldado por fusión eléctrica	1.00
ASTM A 381	Soldado por fusión eléctrica, soldado por arco sumergido doble	1.00
	Sin costura	1.00
API 5L	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por presión y calentamiento eléctrico (Flash)	1.00
	Soldado por inducción eléctrica	1.00
	Soldado por arco sumergido	1.00
	Soldado por traslape en horno	0.80 (2)
	Soldado a tope en horno	0.60
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
API 5LS	Soldado por arco sumergido	1.00
	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por centelleo (Flash)	1.00
API 5LX	Soldado por inducción eléctrica	1.00
	Soldado por arco sumergido	1.00
	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
API 5LS	Soldado por arco sumergido	1.00
	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
	Soldado por centelleo (Flash)	1.00
	Soldado por inducción eléctrica	1.00
	Soldado por arco sumergido	1.00
Conocido	Conocido	(3)
Desconocido	Sin costura	1.00 (6)
Desconocido	Soldado por centelleo (Flash)	1.00 (4)
Desconocido	Soldado por fusión eléctrica	0.80 (4)
Desconocido	Soldado por traslape en horno o mayor de 4 1/2" de diámetro exterior	0.80 (5)
Desconocido	Soldado a tope en horno o de diámetro exterior de 4 1/2" y más pequeño	0.60 (6)

NOTA: (1) Las definiciones para los diferentes tipos de tubo (junta soldada) se establecen en la sección 400.2 del Código ANSI B31.4  
 (2) Su fabricación se discontinuó y el proceso se suprimió de la Norma - API5L en 1962.  
 (3) Los valores de "E" mostrados más arriba, se aplican para tubo nuevo o usado (recuperado) si la especificación y el tipo de tubo se conocen y se fabricó después de 1958.

- (4) Este valor de "E" se aplica para tubo nuevo o usado de especificación desconocida y ASTM A 120; si se conoce el tipo de soldadura del tramo.
- (5) Este valor de "E" se aplica para tubo nuevo o usado de especificación desconocida y ASTM A 120, si el tipo de soldadura del tramo es soldado a traslape en horno, o para tubo de más de 4 1/2" de diámetro exterior si el tipo de la junta es desconocido.
- (6) El factor se aplica para tubo nuevo o usado de especificaciones desconocidas y ASTM A 120, si el tipo de junta de soldadura es soldado a tope en horno o para tubo de 4 1/2" de diámetro exterior y más pequeño si se desconoce el tipo de junta.

## T A B L A No. 2

## ESPESOR MINIMO NOMINAL DE PARED PARA TUBO DE ACERO

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Diámetro nominal exterior (pulgadas)	Espesor mínimo nominal de pared tubo de ex- tremos planos (pul- gadas)
2	2.375	0.078
2 1/2	2.875	0.083
3	3.500	0.083
3 1/2	4.00	0.083
4	4.500	0.083
5	5.563	0.083
6	6.625	0.083
8	8.625	0.104
10	10.750	0.104
12	12.750	0.104
14	14.000	0.133
16	16.000	0.133
18	18.000	0.133
20	20.000	0.133
22	22.000	0.148
24	24.000	0.164
26	26.000	0.172
28	28.000	0.188
30	30.000	0.203
32	32.000	0.219
34	34.000	0.226
36	36.000	0.242
38	38.000	0.258
40	40.000	0.273
42	42.000	0.281
44	44.000	0.297
46	46.000	0.312
48	48.000	0.328

La suma de los esfuerzos longitudinales producidos -- por presión, cargas vivas y muertas y aquellos producidos -- ocasionalmente por viento o sismos, no deberán exceder de un 80% del valor de la resistencia mínima especificada a la cedencia del tubo. No es necesario considerar el viento y los sismos como si actuaran simultáneamente, pero se tomará en cuenta para este cálculo el mayor valor de esfuerzo esperado para cualquiera de estas condiciones.

El espesor mínimo requerido en una tubería conectada a un equipo u otra tubería, que opere con diferente presión, deberá calcularse con la presión de diseño mayor que se tenga.

#### MARGEN DE CORROSION

El espesor adicional como margen de corrosión, se determinará en función de la experiencia que se tenga en el manejo de los productos y de la eficiencia de los sistemas de prevención o control que se adopten, considerando una vida útil de la tubería de por lo menos diez años.

#### I.6 MATERIALES DE CONSTRUCCION

La tubería destinada al transporte de hidrocarburos - en fase líquida, deberá ser de acero.

Todos los tubos, conexiones y accesorios que vayan a instalarse, deberán contar desde fábrica con una inscripción indeleble, que certifique la especificación del material. - Cuando dicha inscripción no se haga durante el proceso de fabricación, las piezas deberán marcarse de preferencia con número de golpe, sin que la profundidad de la huella dejada exceda el 10% del espesor nominal.

## CRITERIO DE SELECCION

Tuberfa nueva de especificación conocida. Los tubos, válvulas, bridas y otros accesorios nuevos de especificación conocida, destinados a integrar una tuberfa para transporte de hidrocarburos, deberán satisfacer los requisitos de composición, comportamiento y control de calidad correspondientes a cualquiera de los materiales que autoriza la última edición del Código ANSI B31.4.

Tubos usados de especificación conocida, excepto ASTM A 120. El uso de tubos usados de especificación conocida, - excepto ASTM A 120, está permitido cuando:

- A. La especificación corresponda a cualquiera de las aprobadas por la última edición del Código ANSI B31.4.
- B. El material sea sometido a las pruebas 1, 3 y 4 -- que se mencionan a continuación.
- C. El sistema construido sea aprobado de acuerdo con lo establecido para las pruebas de resistencia.

Tubos nuevos o usados de especificación desconocida - o ASTM A 120. El uso de tubos nuevos o usados de especificación desconocida o ASTM A 120, está permitido cuando:

- A. El tubo sea calificado de acuerdo con las pruebas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 que se mencionan a continuación.
- B. El sistema construido sea aprobado de acuerdo con lo establecido para las pruebas de resistencia.

## PRUEBAS PARA CALIFICACION DE MATERIALES

PRUEBA No. 1: INSPECCION VISUAL. Consiste en revisar cada uno de los tramos y accesorios antes y durante la construcción para asegurar que se encuentren limpios y libres de defectos o daños mecánicos originados durante su em-

barque, manejo, instalación anterior, etc., con el criterio siguiente:

A. La revisión incluirá superficies interior y exterior, biseles, soldaduras, recubrimientos, alineación, etc.

B. Se considerarán defectos aquellas anomalías que -- disminuyan la resistencia o hermeticidad de la pieza inspeccionada, tales como pandeo, aplastamiento, doblez, picadura, grieta, deformación, quemadura, laminación, socavado, abolla dura, junta longitudinal o espiral deficiente, etc.

C. Los defectos deberán eliminarse totalmente para -- considerar que la pieza se encuentra en buenas condiciones - mecánicas.

**PRUEBA No. 2: DOBLADO.** Consiste en aplicar, con resultados satisfactorios, los métodos y procedimientos siguientes:

A. ASTM A 43 ó API 5L, para tubos con diámetro menor o igual a 50.8 mm (2 pulg).

B. ASTM A 53, API 5L, 5LS, 5LU ó 5LX, para tubos con diámetro mayor de 50.8 mm (2 pulg), inclusive los relativos a aplastamiento.

El número de pruebas será el mismo que el indicado en la tabla 3 y los tramos para prueba deberán seleccionarse al azar.

**PRUEBA No. 3: ESPESOR.** Consiste en determinar el es pesor de pared nominal de un lote de tubos, de acuerdo al -- procedimiento siguiente:

**A. MEDICIONES.**

1. En tubos usados deberá medirse en cada pieza y en

ambos extremos, el espesor de pared en los cuatro cuadrantes, mediante un calibrador de exactitud conocida.

2. En tubos nuevos cuyo espesor y diámetro sea uniforme, el espesor de pared deberá medirse en la misma forma que se establece en el punto anterior, en el 5% de los tramos de tubo sin exceder de 10 piezas. Los tramos restantes del lote, deberán medirse con un calibrador mecánico en posición fija.

#### B. ESPESOR NOMINAL.

1. Deberá considerarse como espesor nominal del lote probado, al espesor nominal inmediato inferior al calculado como promedio aritmético de todas las mediciones. El espesor calculado como promedio aritmético de todas las mediciones - no deberá exceder en 14% el mínimo encontrado, en el caso de diámetros menores a 50.8 cm (20 pulg); o en 11% el mínimo en contrato en diámetros iguales o mayores de 50.8 cm (20 pulg).

2. El espesor nominal asignado, deberá ser mayor o -- igual al espesor mínimo requerido.

**PRUEBA No. 4: EFICIENCIA DE JUNTA LONGITUDINAL O ESPIRAL.** Consiste en asignar un valor a la eficiencia de la soldadura "E" de acuerdo con el criterio siguiente:

A. Si el tipo de junta es conocido, el valor de "E" - para la fórmula de diseño es el indicado por la Tabla No. 1.

B. Si el tipo de junta se desconoce, el valor de "E" para la fórmula de diseño será como máximo igual a 0.6 para diámetros menores o iguales a 10.16 cm (4 pulg), o hasta 0.8 para diámetros mayores.

**PRUEBA No. 5: SOLDABILIDAD.** Consiste en determinar las características de un lote de tubos, desde el punto de vista de su capacidad para unirse por soldadura, de acuerdo

con el criterio siguiente:

A. Un soldador calificado de acuerdo con el estándar API 1104, deberá aplicar cordones de soldadura perimetrales en condiciones igualmente severas a las que se presentan en el campo.

B. El número de pruebas será en función del diámetro de los tubos del lote, de acuerdo con la tabla 4.

C. Cada uno de los cordones de soldadura aplicados, - deberá satisfacer los requisitos relativos a procedimientos radiográfico y aceptabilidad, establecidos en el estándar -- API 1104.

PRUEBA No. 6: PROPIEDADES DE LA TENSION Y A LA CEDENCIA. Consiste en determinar el comportamiento esfuerzo aplicado-deformación en un lote de tubos sometidos a tensión, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las especificaciones API 5L, 5LS, 5LU ó 5LX.

El número mínimo de pruebas será en función del diámetro como lo indica la tabla 3.

#### RESISTENCIA MINIMA ESPECIFICADA A LA CEDENCIA "R"

TUBOS. El valor de resistencia mínima especificada - a la cedencia, aplicable en la fórmula indicada en el subíndice I.5 de este capítulo, se obtendrá de la manera siguiente:

A. Tubos nueva de especificación conocida. De la Tabla 402.3.1 de la última edición del Código ANSI B31.4.

B. Tubos usados de especificación conocida, excepto - ASTM A 120. De la tabla 402.3.1 de la última edición del Código ANSI B31.4, si satisfacer los requisitos de prueba refe

rentes a la inspección visual, espesor y eficiencia de junta longitudinal o espiral).

C. Tubos nuevos o usados de especificación desconocida o ASTM A 120. De cualquiera de los procedimientos que se describen a continuación:

1. El menor de los valores siguientes:

a) El 80% del promedio aritmético de los resultados - obtenidos en las pruebas de tensión descritas en este capítulo.

b) El más bajo obtenido en las pruebas de tensión descritas en este capítulo, sin exceder de  $3\ 662\ \text{kg/cm}^2$  ( $52\ 000\ \text{lb/pulg}^2$ ).

c)  $1\ 690\ \text{kg/cm}^2$  ( $24\ 000\ \text{lb/pulg}^2$ ), si la relación entre promedio de resistencia a la cedencia y resistencia a la tensión, excede de 0.85.

d)  $1\ 690\ \text{kg/cm}^2$  ( $24\ 000\ \text{lb/pulg}^2$ ), si no se llevan a cabo las pruebas de doblado y cedencia.

## 1.7 PRUEBAS DE RESISTENCIA

### REQUISITOS GENERALES.

A una tubería para transporte de hidrocarburos líquidos, ya sea nueva, reparada, relocalizada o en condiciones diferentes a las del diseño; se le deberá inspeccionar y probar su resistencia antes de entrar en operación. Las pruebas deberán incluir a todo el sistema, es decir: tubos, válvulas, conexiones y demás accesorios que operarán sometidos a las mismas condiciones.

Después de cumplir con los requisitos de resistencia

descrito en esta sección, deberán recabarse dos ejemplares - de la constancia de las pruebas y el permiso de uso expedidos por la Dirección General de Minas y Petróleo, o por la - Agencia Técnica del Petróleo respectiva, la cual supervisará la ejecución de las mismas a través de un inspector autorizado.

Durante toda la vida útil del sistema o parte del sistema de tubería, se deberán conservar registros de las pruebas realizadas después de la construcción, reparación, relocalización o modificación. La rama operativa deberá recibir, de la dependencia responsable de las pruebas, copia de esta información, que por lo menos será la siguiente:

- A. Dependencia responsable de las pruebas y técnicos que las realizaron y aceptaron.
- B. Tipo y medio de prueba.
- C. Presiones de diseño, operación y prueba.
- D. Duración de la prueba, gráficas y otros registros.
- E. Variaciones en cada prueba y sus causas.
- F. Fugas y otras fallas con sus características y localización.
- G. Cantidad, tipo y características de las reparaciones realizadas.

TABLA No. 3  
 NUMERO MINIMO DE PRUEBAS DE  
 DOBLADO O DE CEDENCIA A LA TENSION

Diámetro exterior del tubo (pulgadas)	Número mínimo de pruebas
Menos de 6.625	Una por cada 200 tramos
6.625 a 12.750	Una por cada 100 tramos
MÁS de 12.750	Una por cada 50 tramos

TABLA No. 4  
 NUMERO MINIMO DE SOLDADURAS  
 DE PRUEBA

Diámetro exterior del tubo (pulgadas)	Número mínimo de soldaduras de prueba
Menos de 6.625	Una por cada 400 tramos
6.625 a 12.750	Una por cada 200 tramos
MÁS de 12.750	Una por cada 100 tramos

NOTA: Todos los especímenes de prueba deben seleccionarse al azar.

## C A P I T U L O   I I

### REQUISITOS   DE   EJECUCION

Los requisitos de ejecución están basados en el establecimiento de ciertos requerimientos de construcción, con sus respectivas pruebas necesarias para definir una calidad de obra, inclusive de condiciones de procedimientos de construcción como la fase de alineado y soldado y la misma secuencia de construcción de las fases. Los requisitos de ejecución se han ordenado de acuerdo a esa secuencia obligada de construcción.

#### II.1   PROYECTO

El proyecto de una tubería de transporte se constituye por diferentes conceptos, desde su proposición, estudio económico, investigación de datos, diseño, etc., hasta planear y armonizar todos los aspectos que presenta la construcción al grado de elaborar una ejecución teórica que se realice en un período práctico de tiempo y un presupuesto apegado a costos reales.

Un proyecto considera varios aspectos importantes.

a) La ejecución teórica que involucra el aspecto tiempo como un factor ineludiblemente ligado a las fases de construcción y su secuencia, establecido en un calendario de obra.

b) El aspecto técnico que realiza el proyecto totalmente terminado.

c) El aspecto de mano de obra que involucra la participación de personal técnico, obreros especializados y obreros generales en los diferentes trabajos de la obra, así como las máquinas, herramientas y su personal de operación y -

mantenimiento.

d) El aspecto económico, que tratará de la elaboración de los presupuestos de los materiales, de la mano de obra y equipos; de administración, determinación de precios de construcción y precio total de la obra.

e) El aspecto legal se encargará de formular y legalizar los contratos cuando los haya y dar solución a las afectaciones de terceros y tramitar la aprobación de los proyectos ante las oficinas de gobierno y ante los particulares.

Cualquiera de los aspectos enunciados no resuelto producirá trastornos económicos y de tiempo en el desarrollo de la obra, principalmente durante su periodo de construcción.

## 11.2 PLANOS DE PROYECTO

Los planos de localización y de proyecto cumplirán -- las siguientes prevenciones generales, establecidas en el -- Diario Oficial de la Federación del 27/Feb/74.

Se realizarán una serie de planos, que nos indiquen -- el área de construcción y la ruta a seguir de la línea de -- conducción, mostrándonos su localización general, marcando -- la ruta en un mapa e indicando los linderos de los Municipios y Entidades Federativas en escala de 1:1'000,000 y mapas geográficos esc. 1:50,000 con curvas de nivel, marcando -- las desviaciones de la ruta obligadas por la topografía del terreno y otros obstáculos. Se utilizan planos topográficos esc. horizontal de 1:4,000, en secciones de línea de 3 km. -- de largo y el perfil a esc. vertical de 1:400, con detalles de la topografía del terreno y alineamiento como son: localización exacta de la tubería, localización de límites de propiedad, nombre del propietario del terreno y longitud afectada, kilometraje. La utilización de los terrenos: cultivo, -

pastura, madera, etc. La clase de terrenos cuando es rocoso, pantanoso, etc.

Obteniendo los planos de construcción de los planos - de proyecto, lo cual nos indica las secciones tipo del Derecho de Vfa, los seccionamientos longitudinales de la tuberfa, las obras de arte, los proyectos de cruzamiento (rfo, vfa, - ff.cc., carretera, etc.) y todas las obras especiales, esc. 1:200.

También se realizan planos de localización esc. 1:200, de estaciones de bombeo, de almacenamiento, de medición, de regulación, de separación, calentadores, etc. y los planos - respectivos de localización general esc. 1:1,000 realizando planos de los sistemas de seguridad para evitar accidentes - en las instalaciones.

Todos los planos serán autorizados por la dependencia oficial afectada o en su caso por las autoridades correspondientes. Todo el proyecto por la Secretaría de Programación y Presupuesto a través de la "Dirección General de Minas y - Petróleo", o de sus "Agencias Técnicas de Petróleo.

### II.3 DERECHO DE VÍA

Se considera como Derecho de Vfa, la faja de terreno de ancho mínimo necesaria para la construcción de acuerdo -- con la tabla de anchos de derecho de vfa que se verá más adelante.

El derecho de vfa debe estar debidamente legalizado y en situación de dominio para poder construir la línea regular, las estaciones de bombeo, de compresión, de almacenamiento, de centros de distribución de materiales, de áreas - para maniobras de caminos de acceso, etc.

De acuerdo con el "Reglamento de Trabajos Petroleros



y de conformidad con lo dispuesto en el art. 37 del Reglamento de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo" sólo podrán usarse terrenos de propiedad particular si previamente se ha celebrado un convenio -- con el propietario o poseedor.

Las líneas de conducción o transporte que atraviesen áreas o instalaciones de la industria petrolera, deberán tener permisos aprobados y contener las instrucciones relativas a su cuidado durante la construcción y hacer del conocimiento del personal de construcción dichas instrucciones, y los riesgos y los peligros de incendio o daño por la fuga de substancias peligrosas que conducen dichas instalaciones.

Al terminar la construcción deben quedar libres de materiales o desperdicios de la propia obra. El constructor y todo el personal deberán conocer los convenios de derecho de vía referente al uso de terrenos particulares y de las -- prohibiciones para invadir áreas que no estén contratadas. -- Y deberán conocer las condiciones de los permisos de cruzamiento de áreas federales o estatales y las limitaciones de uso, así como los procedimientos de construcción aprobados -- cuando sea necesario atravesar obras públicas o particulares, de comunicaciones, acueductos, drenajes, irrigación, vías o corrientes fluviales, etc. y de las prohibiciones de procedimientos que pueden dañar dichas obras.

#### II.4 DIVISIONES DE OBRA

Debido al desarrollo obligado de la obra y con objeto de poder controlar la calidad técnica, y controlar y obtener los costos previstos en los estudios de precios unitarios y del presupuesto, la obra puede dividirse y subdividirse tantas veces como sea necesario. La división siguiente puede -- seguirse para estos fines.

Primera división de obra:

Tubería en línea regular: Es aquella que no interrumpe la continuidad de sus fases de soldadura y revestimiento.

Obras especiales: Estaciones de bombeo, Patios de -- tanques, Trampas de diablos, Válvulas de seccionamiento, Cruce de vías de comunicación, Cruce de corrientes de agua, Cruce de otros obstáculos, varios.

Segunda división de obra:

Frente de trabajo para la construcción de la tubería en la línea regular: Obras auxiliares. Línea regular.

Frente de trabajo para la construcción de cada obra especial: Instalación de máquinas, Instalación de tuberías. Terracerías, etc.

Primeras subdivisiones:

Tubería en línea regular: Fases de obra.

Obras especiales: Fases de obra.

Otras subdivisiones:

Tubería en línea regular y Obras especiales: Materiales.

Mano de obra: Obreros-servicios, Máquinas-operación, mantenimiento, reserva. Administración. Análisis de precios unitarios primarios.

## 11.5 LINEA REGULAR Y OBRAS ESPECIALES

Línea regular es aquella que es posible construir -- sin interrumpir los frentes de soldadura, de protección anti corrosiva y de bajado a la zanja. Cuando por existir obstáculos que impidan el paso normal de estos frentes y requiera -

forzosamente dejar un tramo sin construir para reanudar más adelante los frentes mencionados, el tramo salvado se considerara como obra especial; exceptuándose los tramos en que la compañía contratista interrumpa sus frentes de trabajo -- por razones de su conveniencia u organización de la obra.

#### FRENTE DE TRABAJO

Para poder realizar un tramo de tubería y dejarlo totalmente terminado se pueden establecer varios frentes de -- trabajo de acuerdo con la magnitud de la obra. Un frente de trabajo deberá comprender ambas: la construcción de la tubería en línea regular y la construcción de cada una de las -- obras especiales en el tramo.

#### OBRAS AUXILIARES DE LA LINEA REGULAR

Centros de distribución de los materiales de cons---trucción. Plantas de recubrimiento anticorrosivo. Patios - de soldadura de tubos. Caminos de acceso, su construcción y mantenimiento.

#### LINEA REGULAR. FASES DE LA OBRA

- \* Retrazo y nivelación del derecho de vía.
- \* Apertura del derecho de vía.
- \* Terracerías en el derecho de vía.
- \* Conservación del derecho de vía.
- \* Excavación de zanja.
- \* Tendido de tubos.
- \* Doblado de tubos.
- \* Alineado y soldado.
- \* Medición de la longitud de la tubería.
- \* Inspección radiográfica.
- \* Reparación de soldaduras.
- \* Limpieza interior.

- \* Empates.
- \* Protección anticorrosiva.
- \* Bajado y tapado.
- \* Prueba hidrostática.
- \* Señalamientos.
- \* Restauración del derecho de vfa.
- \* Limpieza del derecho de vfa.

## 11.6 PERSONAL

El personal de construcción de los sistemas de transporte por tubería debe estar constituido por una planta de personal calificado: personal técnico y personal especialista que desempeñen las labores de construcción, supervisión e inspección, y con experiencia en estos trabajos, y en una cantidad de ellos acorde con la importancia de la obra.

### PERSONAL PRINCIPAL:

PERSONAL TECNICO	PERSONAL ESPECIALIZADO
Ingeniero responsable general	Sobreestantes. Alineador.
Ingeniero ayudante	Espaciador. Soldadores
Ingeniero de doblado	Caldereros. Esmaltador
Ingeniero de soldadura	Operadores de máquinas
Ingeniero de mecánica	Mecánicos. Radiologista
Ingeniero de costos	Barrenador. Poblador
	De maniobras. Almacenista
	Tomadores de tiempo para costos, etc.

El personal especializado, tiene encomendados los trabajos fundamentales que dan el grado de calidad y seguridad de la construcción y para que sean designados deben demostrar conocimientos y experiencia en este tipo de trabajos. El personal técnico debe ser profesionista. En el primer caso deberán hacerse exámenes de capacidad en la especialidad

relativa a los puntos importantes de su trabajo y sobre las especificaciones que lo rigen.

El personal obrero debe tener experiencia en este tipo de trabajos, hasta donde sea posible; en caso contrario, deberá instruírsele en las prácticas básicas del trabajo que se le asigne.

Cuando el personal no está capacitado, se le darán cursos de especialización para que pueda desempeñar mejor -- cualquier fase de trabajo, aumentando su experiencia conforme al tiempo que tenga de práctica.

#### II.7 EQUIPO

El equipo necesario por frente de línea regular, está constituido por máquinas, máquinas herramientas y herramientas, la cantidad dependerá de la magnitud de la obra, de la velocidad y tiempo de ejecución, de la organización de -- los trabajos y de las características del terreno, vegetación y clima.

Los equipos por fase de línea regular, de acuerdo -- con las especificaciones de acabado de la obra, puede considerarse el uso de cualquiera de los equipos que a continuación se nombran, o de aquellos con los que se demuestre que su utilización garantiza el cumplimiento de dichas especificaciones, así como los tiempos de ejecución.

RETRAZO. Equipo de topografía, con tránsito y nivel.

APERTURA. Tractores para desmonte o grúas, sierras manuales y mecánicas. Hachas, machetes, etc.

TERRACERIAS. Tractores de hoja, palas y dragas, barrenadoras, conformadoras.

CONSERVACION DEL DERECHO DE VIA. Tractores de hoja.

EXCAVACION. Zanjadora, compresoras de aire y perfora

doras, palas mecánicas o retroexcavadoras.

TENDIDO. Autocamiones, tractores pluma, atadores.

DOBLADO. Dobladoras hidráulicas o mecánicas, tractores de pluma lateral, mandríl.

ALINEADO Y SOLDADO. Máquinas de soldar automáticas - o semiautomáticas, motores de combustión interna, generadores, equipo de soldador, tractores y remolques, tractores de pluma lateral, alineadores interiores y exteriores, biseladoras, esmeriles, cinceles, martillos, etc., equipo de corte - oxiacetileno y mecánico, sondas durmientes de madera o apoyos para la tubería, etc.

INSPECCION RADIOGRAFICA. Equipo radiográfico de rayos gama o rayos X.

REPARACION DE SOLDADURAS. Tractores de pluma, máquinas de soldar, equipo de corte y de soldar, esmeriles, cinceles, etc.

LIMPIEZA INTERIOR. Compresoras de aire, soldadoras, diablos de construcción, tractores de pluma lateral, biseladora, alineador exterior.

RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO. Rasqueteadora y pintadora, tractores de pluma lateral, bandas y cunas, esmaltadora y envolvedora, calderas de esmalte, antorchas, y detectores eléctricos.

BAJADO Y TAPADO. Tractores de pluma lateral, bandas, detectores eléctricos, calderetas, tractores de hoja.

EMPATES. Tractores de pluma lateral, soldadoras, biseladoras, alineadores exteriores, calderas y cubetas de esmalte.

MEDICION. Cintas de acero.

PRUEBA HIDROSTATICA. Bombas de baja y alta presión - para pruebas hidrostáticas, diablos de limpieza, alcohol industrial. Equipos de corte, de soldadura, manómetros, alineadores, etc.

Las obras especiales como cruces de vías de comunicación, zonas pantanosas, ríos, lagunas, empates y otros obstá

culos, requiere de los equipos semejantes a los anteriormente descritos, en cantidades según el caso, ya que en un tramo corto de tubería se harán todas o casi todas las actividades de una línea regular. Otros equipos utilizados para --- obras especiales, son perforadora horizontal de terraplenes, tractores y remolques anfibios para trabajar en zonas pantanosas.

Equipo para construcción de: puentes de tuberías o - paso de tuberías sobre puentes, estaciones de bombeo, compresión, medición, etc.

Equipo para cruzamientos subfluviales, como malacates, zanjadoras subfluviales, barcos o lanchones con equipos de bombeo, de compresoras de aire, equipo de sonar, buceo y acualón.

Se considera que el equipo mecánico de construcción trabaje a su rendimiento máximo durante su participación en la jornada de tiempo útil o de operación, determinándose por cada máquina, su costo de desgaste, operación mantenimiento, personal de operación y su rendimiento.

Todo el equipo deberá estar en condiciones de funcionamiento normal inmediato continuado y encontrarse dentro de su período de rendimiento alto o cuando menos que conserve - un rendimiento medio durante el tiempo que dure la construcción. El proyecto debe planear equipos de respuesto y los - medios rápidos de reparación de todos los equipos necesarios para conservar el avance de la obra.

Los equipos deberán usarse normalmente en los trabajos a que están destinados, dentro de sus limitaciones en -- pendientes, velocidades, potencia, etc. Asimismo deberán tenerse y obedecer las indicaciones de los instructivos de operación, de mantenimiento y de reparación de los equipos, te-

niendo un almacén de refacciones más utilizables. Además de los equipos de construcción descritos, debe darse importancia vital a los equipos de servicio, como son: Vehículos de transporte, tractores camiones, anfibios, automóviles, barcos, chalanes, etc., plantas de luz. Bodegas. Talleres de reparación, equipos de lubricación.

El equipo de servicio deberá cumplir condiciones de funcionamiento inmediato, alto rendimiento, tener equipos de respuesto y refacciones más empleadas. Deberán trabajarse -- normalmente tanto por su destino como por sus capacidades y aplicar los instructivos de operación y mantenimiento.

En todo equipo, tanto durante los tiempos de su utilización, como durante los períodos que se encuentre ocioso, se deberá tener en cuenta su vida útil, vida económica, valor de rescate, costo horario de operación, etc.

## 11.8 CALENDARIO DE OBRA

El calendario de obra viene a ser la realización teórica de la construcción de la obra, poniendo los elementos - necesarios como materiales, personal, equipo, etc., dividiendo la obra y subdividiéndola para la mejor realización adaptada a las condiciones del medio y determinando precios unitarios y presupuestos lo más apegados a las técnicas de construcción y rendimiento de personal y equipo.

### C A P I T U L O   I I I CONSTRUCCION DE LA LINEA

En la construcción de la obra se deben tener en cuenta algunos aspectos importantes como son: los materiales, la selección del personal y sus actividades de trabajo; los equipos de construcción, su funcionamiento y aplicación; los procedimientos constructivos y las especificaciones y pruebas de calidad en las diferentes etapas y en la obra terminada; los ordenamientos y requisitos administrativos y técnicos para cumplir los programas de tiempo y del control de costos de la obra.

En las diferentes fases del desarrollo de una obra - el primer objetivo de la construcción, será su calidad técnica, acorde con su planeación, y como segundo objetivo, será el control estricto de la construcción con la responsabilidad de obtener y mejorar los costos y los tiempos normales señalados en el proyecto. No se justifica un costo mayor o un retraso de tiempo en una obra si han prevalecido las condiciones previstas para su ejecución. Para iniciar la construcción de una tubería de transporte, debe contarse con el permiso de las Agencias Técnicas de Petróleo" si la línea no excede de 30 km. de longitud, de otro modo el permiso procederá de la "Dirección General de Minas y Petróleo" ambas pertenecientes a la Secretaría de Programación y Presupuesto, - debiendo proceder de acuerdo con el "Reglamento de Trabajos Petroleros" publicado en el Diario Oficial de la Federación en febrero 27 de 1974.

La construcción deberá ajustarse al calendario de obra consignado por el proyecto.

### III.1 RETRAZO DEL DERECHO DE VIA

El retrazo topográfico y elaboración de los planos necesarios, correspondientes a los derechos de vfa de instalaciones deberá ser realizado con la anticipación prevista en el proyecto y colocando en las orillas, las referencias necesarias de tal manera que duren todo el tiempo que dure la construcción, o bien reponiéndolas si se pierden. El constructor deberá hacer un reconocimiento de la ruta para reconocer la topografía del terreno y atender mejor el programa de ejecución de la obra de acuerdo con el proyecto establecido. Los puntos de intersección del trazo entre dos tangentes P.I. deben marcarse con trompo y tachuela y referenciarse, se marcarán los datos de trazo en una estaca adjunta. Entre uno y otro P.I. subsecuentes se marcarán puntos a cada 50 metros sobre el trazo de la tangente, colocando una estaca con los datos de trazo. Antes de iniciar la construcción se moverán las estacas hacia el límite lateral más cercano del derecho de vfa conservándolas durante el tiempo que dure la construcción, juntamente con las referencias del trazo de los P.I.

En el retrazo del derecho de vfa, se tomarán en cuenta las referencias indicadas por el proyecto, se localizarán en el campo y se cadeneará la ruta a seguir o eje central del derecho de vfa. Una vez que se ha trazado en el terreno la línea definitiva y se ha nivelado, se procede a sacar una sección transversal del terreno en cada estación de 20 metros -- que le anteceden o siguen, esta sección transversal será primaria la cual nos servirá para después calcular los volúmenes de corte que se realicen.

Un procedimiento semejante deberá seguirse para la relocalización de los caminos de acceso de las vías de comunicación a la obra y los caminos de los centros de distribución de los materiales de construcción, a la obra, y su trazo se hará con la técnica propia de estas vías.

En la medición del trazo la unidad de medida es el kilómetro, pero las mayores facilidades o dificultades del trabajo deben tomarse en cuenta para obtener un costo promedio - por kilómetro de trazo sobre el derecho de vía.

También puede considerarse por separado como una obra auxiliar.

### III.2 APERTURA DEL DERECHO DE VIA

El derecho de vía deberá quedar liberado de árboles, - arbustos y plantas de la faja de terreno donde será construída la tubería, ejecutándose el desmonte en el área de trabajo, para después conformar el terreno y hacer la excavación de la zanja sin obstáculo alguno.

Se entiende por Desmonte, el retirar la vegetación -- existente en áreas destinadas a la construcción, se incluye - la remoción de hierbas, malezas, matorrales y tocones, antes de iniciar el trabajo de terracerías. Comprende la ejecución de cualesquiera de las operaciones siguientes:

**TALA:** consiste en cortar los árboles y arbustos.

**ROZA:** consiste en cortar a ras del terreno la maleza hierba, zacate o residuos de siembra.

**DESENRAICE:** consiste en sacar los troncos o tocones - con raíces o cortando éstas.

**LIMPIA:** que consiste en la remoción de la materia vegetal fuera de las áreas señaladas, con el fin de que no se mezcle con el material destinado a la construcción sin obstruir los cauces naturales de desagüe.

**QUEMA:** consiste en la incineración de la materia vegetal no aprovechable.

Las operaciones de desmonte podrán hacerse a mano o -- con máquina. Cuando se hagan con herramienta manual, el cor-

te de los árboles quedará a una altura de 75 centímetros y el de los arbustos a 40 centímetros, excepto en las áreas en que deba efectuarse el desenraice.

El desmante se hará con herramienta manual sólo en los siguientes casos:

En lugares inaccesibles para la maquinaria.

En lugares alejados o aislados, en los que del costo - del transporte de la maquinaria resulte un precio unitario su perior al correspondiente cuando se ejecuta el trabajo con herramienta manual.

En una franja limitada por líneas situadas a 3 metros de cada lado del eje de algún tubo señalado y en caso de existir varios tubos, los límites de la franja estarán a 3 metros de los ejes de los tubos extremos.

Antes de iniciar el desmante, es necesario romper las bardas existentes que estén dentro del derecho de vía y que - son generalmente el límite de propiedades, colocando en su lugar puertas. Es importante que esto se haga para no provocar la mala voluntad de los propietarios. Donde la ruta de la línea, cruce o corra adyacente a cualquier camino público o privado se colocarán avisos y mechas con flama, colocando las señales en ambas direcciones del tráfico, a una distancia de -- 150 metros de la obra cuando menos.

Si el desmante se hace en un bosque, donde se explota madera, los árboles deben cortarse según especificaciones proporcionadas por los propietarios, acomodando las trazas a lo largo del derecho de vía. Los troncos se cortan a nivel del terreno, sacándose la raíz para que no obstaculice la excava-ción de la zanja.

Deben tenerse en cuenta las leyes forestales, no utili

zando la madera y leña proveniente del desmonte, y cortarse - el menor número de árboles cuando se atraviesen huertos.

El criterio de medición de esta fase señala el kilómetro, debiéndose determinar una densidad de vegetación promedio de toda el área del derecho de vfa y transformarla a densidad por kilómetro de longitud con la anchura correspondiente de la faja del derecho de vfa y consecuentemente aplicar - un costo promedio por kilómetro de desmonte.

La vegetación se medirá en porciento de una densidad - de vegetación convencional de 100% aplicado al área unitaria de un terreno cualquiera y bajo las bases de los conceptos -- que a continuación se exponen:

#### VEGETACION:

**REGION DESERTICA, CULTIVADA O PASTIZAL:** Esta constituida predominantemente por cactáceas, plantas de sembradfo y zacatales; ejemplos de la misma son: sahuarón, órganos, nopales, biznagas, candelillas, guayules, gobernadores, ocotillos, mezquitillos, pitahayas y magueyes, sembradfos de maíz, trigo, arroz, cebada y caña, zacate y herbáceas.

**REGION ARIDA O SEMI-ARIDA:** Está constituida predominantemente por árboles de poca altura y diámetro reducido y - por arbustos; ejemplos de la misma son: mezquitales, pirules, tejocotes, huizaches y espinos.

**REGION DE SELVA O BOSQUE:** La primera es típica de las zonas bajas de clima caliente; comprende: palmeras, amates, - chicozapotes, ceibas, caobas, mangos, cedros, cerones, chacas y chijoles. La segunda es típica de las zonas altas de clima templado o frío; ejemplo: pinos, madroños, oyameles, encinos y eucaliptos.

**REGION DE MANGLAR:** Es la típica de los esteros y zonas pantanosas de clima caliente; comprende: mangles, raíces aéreas, platanillo, tule, etc.

**DENSIDAD 100% DE VEGETACIÓN:**

**REGION DESERTICA:** Cultivada o pastizal, se considerará 100% de vegetación en todos los casos.

**REGION ARIDA O SEMI-ARIDA:** Se considerará 100% de vegetación cuando haya 50 m<sup>2</sup> de superficie de corte de madera -- por hectárea, medida a 1.50 metros de altura en árboles y a 0.60 metros en arbustos.

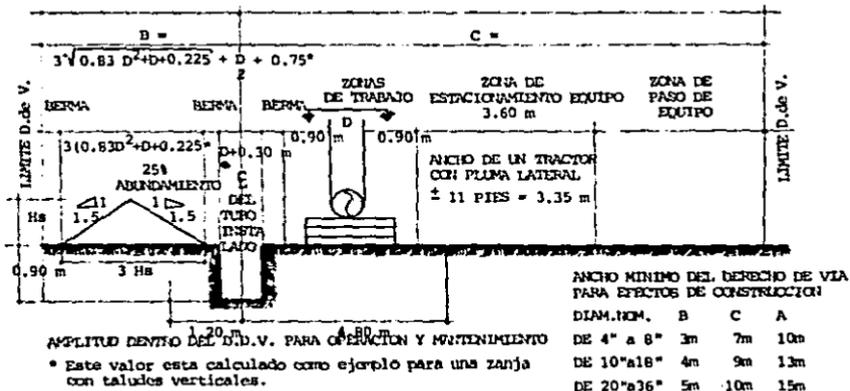
**REGION DE SELVA O BOSQUE:** Se considerará 100% de vegetación cuando haya 100 m<sup>2</sup> de superficie de corte de madera -- por hectárea, medida a 1.50 metros de altura en árboles y a 0.60 metros en arbustos.

**REGION DE MANGLAR:** Se considerará 100% de vegetación en todos los casos.

A la vegetación 100% se le asigna un costo fijo de desmonte y, consecuentemente, una densidad de vegetación menor de 100%, tendrá un costo de desmonte menor en la misma proporción.

En la ejecución de las diferentes partes de desmonte, deben respetarse los límites del área que deberá estar especificada en el proyecto. La anchura del desmonte será fijada con suficiente amplitud para desarrollar las operaciones de construcción. Ver figura.

A = AMPLITUD DENTRO DEL DERECHO DE VIA PARA CONSTRUCCION



### III.3 TERRACERIAS EN EL DERECHO DE VIA

Después del desmote y las operaciones para despejar el área, se hará la conformación del terreno que consiste en construir la plantilla del derecho de vía de acuerdo con la sección y niveles de la rasante del proyecto, dejando una superficie uniforme de sección transversal horizontal. Dicha superficie debe tener características de estabilidad permanente.

El ancho del derecho de vía conformado, según proyecto de construcción, va de acuerdo al diámetro de la tubería y a la naturaleza del terreno, y sus ampliaciones originadas por la topografía o las operaciones del equipo de construcción. - Los anchos mínimos para zanja de parámetros verticales son -- los siguientes:

**ANCHO MINIMO DEL DERECHO DE VIA PARA EFECTOS DE  
CONSTRUCCION**

DIAM. NOM. DE TUBO EN PULG.	B	C	A
De 4 a 8	3 m	7 m	10 m
De 10 a 18	4 m	9 m	13 m
De 20 a 36	5 m	10 m	15 m

- B = Distancia del eje de la zanja al extremo izquierdo del derecho de vía.
- C = Distancia del eje de la zanja al extremo derecho del derecho de vía.
- A = B + C = Amplitud del derecho de vía

La conformación del derecho de vía debe darnos hasta - donde sea posible, un perfil de tramos lo más rectos posibles o semejante a las ondulaciones propias que tendrá la tubería en la zanja, de manera de no forzar ésta y tampoco obligar a que los tubos, mal apoyados, se pandeen por apuntamientos o depresiones del terreno durante el tendido; y que la tubería se apoye en toda su longitud cuando se aloje en la zanja.

Es importante la mayor rectitud del trazo y del perfil del derecho de vía, interrumpido sólo por las deflexiones -- adaptadas a los dobleces a máquina permitidas en tubos, para lograr la mejor conformación debida a las consecuencias que - la misma tiene en la excavación de la zanja.

Cuando la conformación o nivelación cruza pequeños -- arroyos, generalmente no es necesario construir puentes. Pueden construirse terraplenes con alcantarillas u otras estructuras que permitan el paso del equipo, o también se puede hacer una rampa en las orillas del arroyo, es decir, "rampear" hasta el nivel de agua del arroyo, que nos permitirá el paso

de maquinaria de construcción y vehículos o equipo usado para el acarreo y distribución de tubos, y nos permita después hacer el cruzamiento del arroyo en la obra especial. Algunas corrientes de los arroyos son demasiado anchas o las riberas no son satisfactorias para la construcción de puentes temporales; entonces es necesario usar equipo flotante de cruce o -- bien hacer un rodeo hasta algún paso cercano.

En la construcción de la plantilla del derecho de vfa, cuando se haga sobre suelos de tierra o sobre suelos rocosos, se tomará en cuenta la clasificación del material del terreno ya sea para terracerías, cortes en rebaje de corona o terraplenes y escalones, cortes en ampliación y/o abatimiento de taludes, etc.

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción, se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

MATERIAL A      MATERIAL B      Y      MATERIAL C

Material A es el poco o nada cementado, que puede ser manejado eficientemente sin ayuda de maquinaria, aunque ésta se utilice para obtener mayores rendimientos. Se consideran como material A los suelos agrícolas, limos, y cualquier material blando o suelto con partículas hasta de 7.5 centímetros.

Material B es el que, pudiendo excavarse a mano, por sus características sólo puede ser excavado y cargado eficientemente con maquinaria. Se consideran como material B las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas, los tepetates y las piedras sueltas menores de 75.0 centímetros y mayores de 7.5 centímetros.

Material C es el que, por su dificultad de extracción sólo puede ser exavado mediante el empleo de explosivos; ade-

más, también se consideran como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75.0 centímetros. Entre los materiales clasificables como material C, se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente comentados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

A los materiales que presenten mayor dificultad de extracción que los descritos como material A, pero menor que -- los descritos como material B y a los que presenten mayor dificultad de extracción que los descritos como material B, pero menor que los descritos como material C, se les fijará una clasificación intermedia, de acuerdo con la dificultad que hayan presentado para su extracción y carga, asignando porcentajes de Material A y B o B y C respectivamente, en proporción con las características medias del material de que se trate.

En la clasificación de los materiales se observarán -- las siguientes disposiciones:

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad de su extracción y carga, asimilándolo al que corresponde de los materiales A, B o C. Siempre se mencionarán los tres tipos de material, para determinar de cual se trata; así por ejemplo, un suelo poco o nada cementado con partículas menores de 7.5 cm., se clasificará 100-0-0 correspondiendo la -- primera cifra al material A y los ceros a los materiales B y C.

Para un material que presente mayor dificultad de extracción que el material A, pero menor que el material B debe apreciarse la clasificación intermedia que le corresponda, asignándole el porcentaje de materiales A y B de acuerdo con su menor o mayor dificultad de extracción y carga; así por -- ejemplo, un material intermedio se clasificará 50-50-00. Un material que en condiciones semejantes se encontrara entre -- los materiales B y C, se clasificará 00-50-50.



TERRACERIAS EN EL DERECHO DE VIA



ACARREO DE TERRACERIAS CON MAQUINARIA

Si el corte por clasificar está compuesto por materiales de diferente grado de dificultad para su extracción cuando muestren separación definida, cada material se clasificará por separado, tomando en cuenta los volúmenes parciales; computándose la clasificación general resultante para el volumen total, considerando los tres tipos de material A, B y C. Así por ejemplo, una capa de material A con una clasificación --100-0-0, con volumen equivalente al treinta por ciento (30%) del total, colocada sobre un material con una clasificación -promedio entre B y C, o sea 0-50-50, el volumen total se clasificará 30-35-35. Si en el mismo caso, el material inferior es C, o sea 0-0-100, la clasificación general resultante será 30-0-70 y si es B, o sea 0-100-0, se clasificará el volumen -total 30-70-0.

Cuando no sea posible hacer la clasificación separada de cada uno de los materiales encontrados, se fijará a todo -el volumen del corte una clasificación representativa de la -dificultad de extracción y carga, considerando los tres materiales A, B y C, aún cuando para alguno de ellos corresponda cero. Cuando el corte por clasificar esté formado por material C, alternado en capas o con bolsas de otros de menor clasificación, en proporción tal que el material C constituya --por lo menos el 75% del volumen total, el conjunto se considerará como material C. En aquellos casos en que la disposición de los materiales y el espesor de sus capas sea tal que permita atacarlos con eficiencia aisladamente, los distintos volúmenes se clasificarán por separado, aun cuando el volumen del material C sea igual o mayor que el 75% del volumen total de corte por clasificar.

Cuando se requiera usar explosivos, se tomará en cuenta lo siguiente.

En las cercanías de líneas enterradas de transporte la carga de explosivos no debe alterar la estructura del terreno

a 2.0 metros de la pared del tubo, ni alterar por la vibración la estructura del tubo y sus condiciones de estabilidad. Todas las raíces que invadan la faja de 2.0 metros mencionada antes, deben cortarse antes de detonar.

En el caso de líneas aéreas de transporte, los apoyos y soportes del tubo y el tubo mismo, no deben sufrir golpes de materiales impulsados por la explosión. El terreno, los cimientos, apoyos y soportes del tubo y el tubo mismo, no sufrirán efectos nocivos en su estructura y estabilidad provocados por la vibración. El uso de explosivos requerirá la intervención para su manejo y operación de personal con experiencia, puesto que su peligrosidad así lo requiere, y se contará para su uso los permisos correspondientes.

Los cortes se medirán en el lugar de ejecución, sin considerar los excedentes a los volúmenes de proyecto, y se medirán tomando como unidad el metro cúbico, y en ningún caso se abundarán los volúmenes. La medición de la conformación se hará por kilómetro de derecho de vía, debiéndose analizar los costos de construcción y clasificando los materiales constitutivos del terreno de acuerdo a su clasificación, determinando un costo promedio por kilómetro de longitud de derecho de vía.

Para dar por terminado un corte, al nivel de la rasante o piso terminado de proyecto, se verificarán el alineamiento, el perfil, anchura y acabado y la sección de construcción.

Para el cálculo de volumen de corte efectuado, puede hacerse calculando en gabinete, y teniendo en cuenta, la diferencia entre las elevaciones de la línea de proyecto de la rasante y el perfil del terreno nos da el espesor, ya sea en corte o en terraplén que corresponde a cada estación completa de 20 metros o a cualquier punto intermedio para que haya sido nivelado antes y después del corte. Como las secciones se tienen dibujadas a las mismas escalas horizontal y vertical -

con un planímetro se puede obtener el área en corte o terraplén, limitada por el perfil del terreno natural, por la sección del derecho de vía y por los taludes de corte o terraplén.

El volumen de material, ya sea en corte o en terraplén, comprendido entre dos secciones, se calculará tomando el promedio de las áreas de dichas secciones y multiplicándolo por la distancia entre ellas. Como la separación entre dos secciones es ordinariamente 20 metros o sea una estación, el volumen en este caso será;

$$V = \frac{A + A'}{2} 20 = 10 (A + A')$$

en que A y A' son las áreas de las secciones extremas.

Cuando se trate de áreas en secciones intermedias, motivadas por accidentes notables de la topografía, se empleará la fórmula

$$V = \frac{A + A'}{2} d$$

en que d es la distancia entre las secciones.

Cuando una de las áreas sea igual a cero, como es el caso de los puntos en que cambia de corte a terraplén o viceversa, se promediará con el área restante o sea que ésta se dividirá entre dos; el resultado se multiplicará por la distancia entre las dos secciones.

En el proyecto de una línea de conducción se realiza el mismo estudio, que si fuera un camino.

En lo que se refiere a la conservación del Derecho de Vía, las condiciones de construcción de la plantilla del derecho de vía deben conservarse durante todo el tiempo que dure

La construcción de la tubería, debiendo inspeccionarse periódicamente para hacer las reparaciones necesarias, principalmente en tiempos de lluvia o en tramos difíciles, y no obstaculizar el avance de las diferentes fases de la obra.

La medición de esta fase se hace por kilómetro de derecho de vía, debiéndose obtener un costo promedio por viganza y por las reparaciones.

#### III.4 EXCAVACION DE ZANJA

La excavación de la zanja para alojar la tubería, puede hacerse por zanjadora, pala mecánica, con herramienta manual, explosivos o cualquier otro método, debe: ser suficientemente ancha para permitir los espacios laterales, ser suficientemente profunda para dar la cubierta y, ser proyectados los taludes según el tipo de terreno. El nivel del fondo de la zanja debe seguir el contorno de la plantilla nivelada que dejó la fase de conformación. En todos los casos se debe lograr un contorno aún más parejo que el del terreno, siendo a veces necesario profundizar la zanja en muchos lugares para evitar forzamientos o dobleces a máquina de la tubería.

La superficie del fondo de la zanja se conforma o afina a un nivel tal que la tubería, al ser bajada, se apoye en el terreno en todos sus puntos. Donde la operación de nivelado rellena una pequeña corriente de agua, se debe profundizar la zanja cuando menos 2.0 metros abajo del nivel del lecho natural. Los tramos de zanja que puedan ser inundables deberán tener canales de drenaje, asimismo las zanjas deben protegerse para que no se formen corrientes de agua de lluvia o de otro origen. Y no deberán usarse como drenaje, irrigación u otras corrientes de agua, cuando sea necesario, puede hacerse un canal o ponerse un tubo que cruce la zanja de la tubería y que sirva como conducto de agua.

Las especificaciones de proyecto de tuberías de transporte de hidrocarburos deben consignar la profundidad de la zanja según el diámetro del tubo y condiciones del terreno, - la cual debe medirse normal a la superficie de: la plantilla del derecho de vía nivelado; y si son corrientes de agua, del nivel más bajo del lecho registrado o que pueda estimarse. En los casos que el proyecto especifique la profundidad de cada obra especial o cruce se deberán cumplir apegados lo más posible dependiendo de las condiciones del terreno.

Las excavaciones de zanja en línea regular, su profundidad es según el diámetro de la tubería de conducción y su sección será:

DIAM. (PULG)	SECCION (B X H) (M)
3	0.40 x 1.00
4	0.40 x 1.00
6	0.55 x 1.10
8	0.55 x 1.12
10	0.55 x 1.15
12	0.60 x 1.20
14	0.75 x 1.30
16	0.75 x 1.30
18	0.75 x 1.40
20	1.00 x 1.50
22	1.00 x 1.50
24	1.00 x 1.50
30	1.20 x 1.70
36	1.35 x 1.85

Se tendrá en cuenta que, las labores de cultivo no alcancen al tubo, una vez que se ha tapado. Debe considerarse una capa de tierra sobre el tubo, de 0.90 metros como mínimo. Si los terrenos se riegan con sistemas de tubos o canales, la capa de tierra sobre el tubo puede llegar hasta 1.25

metros para no inmiscuirse con los drenajes, si la región es de terreno rocoso, o no es irrigable y se usa para pastura o es un desierto, la capa de tierra sobre el tubo se puede reducir hasta 0.60 metros. Ver la siguiente tabla.

COLCHON MINIMO EN TUBERIAS ENTERRADAS

LOCALIZACION	X	Y	Z
Areas industriales, comerciales y residenciales .....	90 cm	60 cm	125 cm
Cruzamientos de corrientes y ríos .....	125 cm	60 cm	125 cm
Zanjas de drenaje de caminos o ferrocarriles .....	90 cm	60 cm	125 cm
Otras áreas cualquiera .....	90 cm	60 cm	90 cm

En donde:

- X = Colchón mínimo para excavación normal.  
 Y = Colchón mínimo para excavación en roca usando explosivos o medios similares.  
 Z = Colchón mínimo para tuberías que transportan LPG.

Para proteger la cubierta anticorrosiva de la tubería bajada en zanja de material rocoso, se hace una sobreexcavación para colocar una "cama" de arena o tierra suelta. El ancho de la zanja debe ser como mínimo 12 pulgadas más que el diámetro de la tubería. El ancho de la zanja puede restringirse para no dañar el banco o para reducir el manejo de la tierra. Cuando la zanja esté en terreno rocoso se puede hacer más ancha con el fin de proteger el recubrimiento anticorrosivo durante el bajado de la tubería.

Los materiales se clasificarán, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción, la cual puede hacer-

se con zanjadora de baja capacidad, retroexcavadora, herramienta manual, rompedora neumática, perforadoras y explosivos, dependiendo de la dureza del terreno se clasifica como material A, B, C, material Lodoso y Arena. Los cuales se indican en la fase de terracerías en el derecho de vía, y los mencionaremos nuevamente en ésta fase de excavación de zanja.

Material A es poco o nada cementado, también los suelos agrícolas, limos y cualquier material blando o suelto con partículas hasta de 7.5 cm.

Material B, se consideran las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas, los tepetates y las piedras sueltas menores de 75.0 cm, y mayores de 7.5 cm.

Material C, se consideran las rocas basálticas, areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos, andesitas sanas y las piedras sueltas mayores de -- 75.0 cm. A los materiales que por sus características no pueden ser considerados en una de las clasificaciones anteriores, se les fijará una clasificación intermedia, asignándoles porcentajes de material A, B y C en proporción a las cantidades y características de cada uno de los materiales que intervengan, mencionando los tres mediante el porcentaje que corresponda a cada uno de ellos, siempre en el orden A, B, C y de manera que la suma de los tres sea cien (100).

Material Lodos, es aquel que por su elevado contenido de agua se adhiere o se escurre de la maquinaria o la herramienta utilizada para su extracción, reduciéndose la eficiencia del trabajo.

Material Arenoso, son materiales granulares con un tamaño máximo de 6 mm (pasan la malla No. 4), limpios de limo o arcilla y sin plasticidad.

Los materiales producto de la excavación se emplearán o depositarán en la forma que se indique. En la ejecución de las excavaciones se considerarán los siguientes casos:

#### EN SECO.

Eliminando el agua de la excavación mediante drenes auxiliares o por bombeo de achique con motobomba.

En agua, ejecutada con máquina, cuando no sea posible eliminarla económicamente por bombeo o mediante drenes auxiliares.

#### EN MATERIAL SATURADO O LODOSO.

No se ejecutarán excavaciones con maquinaria en una -- franja limitada por líneas existentes situadas a 3 metros a -- cada lado del eje del tubo señalado. En caso de existir va-- rios tubos, los límites de la franja estarán a 3 metros de -- los ejes de los tubos extremos.

En las cercanías de cualquier instalación enterrada, - la carga de explosivos no debe alterar la estructura del te-- rreno a dos metros de los límites de ella ni alterar por vi-- bración la estructura y sus condiciones de estabilidad. Que-- da prohibido el uso de explosivos en zonas industriales o don-- de se encuentren estaciones de bombas, de compresión, de medi-- ción, baterías, tanques de almacenamiento, plantas de proceso, plantas terminales y zonas de pozos.

La continuidad de la construcción de la tubería no debe interrumpirse donde la línea cruce pequeños canales, arroyos o barrancas angostas y profundas que permitan al tubo, -- por la resistencia propia de su diámetro, cruzar el obstáculo sin requerir soportes, y siempre que no existe el peligro de que la tubería sea alcanzada por la corriente, o se acumulen palos, o que los bancos de apoyo estén contruidos de un mate-- rial suave que no es capaz de soportar el peso del tubo y es--

te sujeto a deslaves o erosión.

La longitud del claro permitido para cruzar con un tubo es estrictamente materia de diseño y cada cruce es problema individual que depende del tipo del tubo: su espesor de pared, su diámetro, fluido conducido, presión de operación, cargas de viento, de hielo, condiciones de los bancos, etc. La longitud de claros y diámetros de tubos que pueden salvarlos, son los siguientes:

DIAM. NOMINAL DEL TUBO (PULG)	CLARO (MT.)
6	15.0
8	16.5
10	18.0
12	19.5
14	19.5
16	21.0
18	19.5
20	18.0
22	16.5
24	15.0

En diámetros grandes y pared delgada, debe evitarse el colapso en y entre los apoyos.

Cuando la tubería pasa o cruza otras estructuras como líneas eléctricas, tuberías, sistemas de albañales, tuberías de riego, cimentaciones, cables o anclajes, etc., la tubería será colocada de manera de no dañar esas estructuras durante la construcción de la tubería. Cuando una tubería en construcción, cruce o pase por una estructura o área de otras tuberías no se dañarán las instalaciones existentes y de que los espacios entre tuberías y estructuras sean los apropiados para mantenimiento o reparación y sean colocados según proyecto.

Se localizarán las estructuras ocultas adelante de las máquinas zanjadoras en operación. Las consecuencias de cortar un cable eléctrico o línea telefónica, son obvias, como son aquellas por romper una tubería que contiene líquido inflamable. Otras cañerías como las de riego, sistemas de agua o drenaje, pueden ser frágiles y al ser halladas, deben sopor tarse en el cruce con la zanja; algunas veces es posible interrumpir la operación de esas cañerías con el consentimiento del dueño. Al propietario de cualquier estructura importante, que vaya a ser abordada, a los dueños de terrenos, a los administradores de líneas telefónicas, líneas eléctricas o cualquier otra instalación particular o de servicio público, se deberá solicitar su presencia, o bien la representación de -- personas de dichos intereses, durante la construcción principalmente si se trata de servicios públicos.

El proyecto deberá consignar en las secciones tipo del derecho de vía, todas sus dimensiones y en todos los diferentes tramos, la posición de la zanja y la del producto de la excavación, la de la posición de los tubos cuando están en la fase de tendido, la de soldado y protección anticorrosiva y -- finalmente en la zanja ya tapada indicará también la faja de terreno destinada al tránsito del equipo según el sentido de construcción, a partir de un punto de origen.

La medición de los volúmenes excavados se hará tomando como unidad el metro cúbico, con aproximación de una decimal. No se considera el abudamiento. Los volúmenes se medirán en la misma excavación, considerando que se encuentre dentro de las dimensiones, tolerancias y holguras fijadas en el proyecto o en el lugar de la obra.

Los azolves o derrumbes se medirán seccionando la excavación después del derrumbe o midiendo el material que cae -- dentro de la excavación, clasificándolo siempre como material A. No se medirán los volúmenes provenientes de azolves o de-

rrumbes cuando éstos se produzcan por deficiencias en el procedimiento de construcción.

El refinamiento se mide por metro cuadrado y únicamente cuando las causas que lo hicieron necesario no sean imputables al contratista.

Los ademes se miden por metro cuadrado de superficie - de contacto con la pared ademada, con aproximación de un decimal. En el caso de zanjas con ademe en las dos paredes, la medición puede hacerse por metro lineal de zanja.

El bombeo para eliminar el agua de la excavación se medirá tomando como la unidad la hora efectiva de bombeo para cada tipo y capacidad de bomba. Tiempo efectivo de bombeo es aquel en el que las bombas trabajan adecuadamente extrayendo el agua de la excavación. No se considera el tiempo que la bomba trabaja deficientemente, por mal manejo del operador o por malas condiciones de la bomba.

La distancia de acarreo de los materiales producto de la excavación se mide en kilómetros, con aproximación de una decimal.

Los volúmenes de acarreo se calculan multiplicando el volumen de la excavación por el coeficiente de abudamiento y restando al resultado el volumen de material suelto que se use en rellenos. El acarreo se cuantifica, multiplicando el volumen del material acarreado por la distancia de acarreo. El resultado, en metros cúbicos-kilómetro, se redondeará a la unidad.

La unidad de medición de la excavación de la zanja, debe ser el kilómetro referido al desarrollo del derecho de vía.

El costo de la excavación se hará determinando los cos



EXCAVACION DE LA ZANJA CON MAQUINARIA



TENDIDO DE TUBERIA EN EL DERECHO DE VIA

tos parciales de excavación de acuerdo con la clasificación - del material del terreno descrita antes, para fijar finalmente un costo promedio por kilómetro de longitud de excavación de zanja.

### III.5 TENDIDO DE TUBERIA

El tendido de tubos consiste en la carga en los centros de distribución, el transporte al derecho de vía, la descarga en el derecho de vía, y el acomodo de los tubos a lo largo del derecho de vía uno tras otro pero traslapados, paralelos a la zanja del lado del tránsito del equipo, a una distancia fijada de la zanja, sin provocar derrumbes. Estas operaciones deben efectuarse sin que los tubos sufran ningún daño, sobre todo si tienen recubrimiento anticorrosivo, y sin que se causen perjuicios a ninguna de las partes de la obra ya construida o en construcción.

Los materiales principalmente los tubos para la línea y para las camisas son recibidos en los centros de distribución (por lo general están situados en los terrenos o patios de las estaciones de ferrocarril, que es donde se reciben), para almacenarlos temporalmente o para transbordarlos a camiones o tractores y distribuirlos en la línea. Los tubos también pueden ser llevados desde los centros de distribución a plantas de soldadura donde se unen dos tubos, o bien a plantas de recubrimiento anticorrosivo, para regresar después a los mismos centros o a la distribución a lo largo de la línea.

Los camiones o tractores de descarga deben estar equipados con: pluma lateral, plumas con malacates, cable, ganchos u otro equipo conveniente para elevar y bajar los tubos sin dañar el cuerpo o el bisel. Los camiones con remolque transportan y distribuyen los tubos a lo largo del derecho de vía, desde los apilamientos en los centros de distribución; también pueden distribuirlos directamente si fueron transpor-

tados desde la fábrica.

En las áreas donde es imposible que un camión transite por el derecho de vía, los tubos se distribuirán con tractor de pluma lateral.

En el manejo de tubos para su transporte y distribución, debe habituarse al personal a un cuidado excesivo para prevenir abolladuras, aplastamientos u otros daños a los tubos, sobre todo en los bisel~~es~~ extremos.

Cuando los tubos son recubiertos para protección anticorrosiva, en su transporte las abrazaderas del tractor se acofinan y se usan bandas de lona para el manejo del tubo al bajarlo en el derecho de vía sobre apoyos acolchados en el terreno.

A menudo, el tubo cambia de espesor de pared con el tubo del espesor que se está colocando inmediatamente corriente abajo de una estación de bombeo con peso más ligero que el que lo sigue en secuencia. En estos casos no se entremezclarán los diferentes pesos de tubos, que originaría lo que se llama una tubería telescopiada. Para prevenir esta equivocación deberá pintarse en la fábrica o en el campo, una banda o tira en el exterior de los extremos de cada tubo, utilizando un color específico para cada grupo de tubos de peso o espesor diferente. Este código de colores y la localización para tubos de peso o espesor uniforme y color debe proporcionarse al personal que hará la distribución de tubos.

Los tubos son depositados sobre el terreno, paralelamente a la zanja, traslapados 5 cm aproximadamente, cercanos al límite del talud natural del terreno de la excavación, dejando siempre un paso libre mínimo de 0.60 metros entre la orilla de la excavación y el lado cercano del tubo.

La unidad de medición de esta fase es el kilómetro referido al desarrollo del derecho de vía y su costo será determinado con los costos parciales de las diferentes distribuciones para obtener el costo promedio por kilómetro de tendido de tubos.

Para que el tendido de tubos se considere de línea regular, la pendiente del terreno debe ser igual o menor que la pendiente de trabajo que señalan los catálogos de los tractores de carriles con pluma lateral apropiadas al diámetro de la tubería. Esta pendiente debe considerarse de 40° como máximo.

Siendo la unidad de medición el kilómetro de tubos tendidos y acomodados en el derecho de vía, se determina su costo, como el costo promedio por kilómetro, a partir de la carga de tubos en los centros de distribución, la descarga, el transporte y el acomodo sobre el terreno, utilizando los medios apropiados a las condiciones de terreno con los que además se obtengan los costos más bajos.

El catálogo de precios unitarios de construcción de líneas de conducción, contempla los siguientes conceptos para: movimientos, Almacenamientos y Distribución de Tubería y Accesorios.

Carga, Transporte y Distribución de Tubería Desnuda - y/o Lastrada con Tractor Pluma a Lugares Inaccesibles a Plataforma Remolcable.- Primer Hectómetro: en peso de Tubería (kg/m). Unidad KM.

Hectómetros Subsecuentes al primero: en peso de la tubería (kg/m). Unidad KM-HM.

Descarga Gondolas de Ferrocarril y Estiba en Patios Intermedios a las Vías. Para Tuberías.- Diám. Tubería en pulgadas. Unidad KM.

Carga Tuberfa Acero Desnuda a Plataforma Tractor Remolque, Transporte Primer Kilómetro, Descarga y Estiba para Almacenamiento o Distribución en el Derecho de Vía. Diám. (pulg.) y Espesor (pulg.). Unidad KM

Acarreo Tuberfa de Acero Desnuda (o Esmaltada) Subsecuente al Primer KM con Vehículo.

De 2 a 10 Kms., de 2 a 40 kms., de 2 a 100 kms., de 2 a más de 100 kms. En Camino Pavimentado y para Camino Revestido o en Terracerfas. Según Diám. (pulg.) y Espesor (Pulg.) Unidad KM-KM.

La misma codificación y conceptos serán para la Tuberfa Lastrada.

### III.6 DOBLADO DE TUBERIA

El doblado de tubos se hace en frío, debiendo tener -- cuidado y verificarlo así, que el tubo no se aplaste o se forme arrugas en el doblado, debiendo conservar sus especificaciones de dimensiones de sección, después de ser doblado. Los dobles son distribuidos hasta donde es posible en la mayor longitud del tubo y en ningún paso debe ser el radio del doblado tan corto que no cumpla las especificaciones de doblado.

El número de dobles de una tuberfa debe llevarse al mínimo, procurando, como ya se indicó antes, conformar el derecho de vía y consecuentemente el fondo de la zanja, para -- eliminar lo más posible los cambios de pendiente que obliguen a doblar la tuberfa. En aproches de vados, arroyos, canales, caminos, ferrocarriles, etc., se procurará hacer dobles a los tubos para permitir el desalojamiento del tubo en caso futuro necesario.

Los dobles de los tubos se hacen por medio de tractor res con zapatas dobladoras de tubos de 4 pulg. de diámetro no

minal y menores, y con máquinas dobladoras especiales (hidráulicas o mecánicas), en tubos de 6 pulg. de diámetro nominal y mayores. En ambos casos el equipo utilizado para doblar tubos no debe ser adaptado, debe ser el apropiado para el tamaño del tubo. Este aspecto debe ser verificado cuidadosamente antes de empezar la construcción con el fin de reducir al mínimo las cantidades de tubos con arrugas o aplastamientos por doblado los cuales deben ser rechazados.

Los tubos de 8 pulg. de diámetro nominal y mayores, para que sean doblados, debe usarse mandril. Y no se permite el calentamiento de los tubos para ser doblados.

Los dobleces de los tubos se hacen sin alterar las dimensiones de la sección transversal del tubo cuando fue recto, y debe quedar libre de arrugas, grietas u otra evidencia de daño mecánico. El diámetro del tubo no debe reducirse en cualquier punto más de 2.5% del diámetro nominal, y completamente doblado debe cumplir la especificación de dimensiones para paso de diablos.

El radio mínimo para doblar tubos en frío en el campo debe ser el siguiente:

	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO EN PULGADAS	RADIO MINIMO DEL DOBLEZ DEL TUBO EN DIAMETRO
Hasta	12	18
	14	21
	16	24
	18	27
	20 y mayores	30

En los extremos de los tubos que se doblan se deben dejar tramos rectos de 1.80 m. aproximadamente. Y la soldadura longitudinal del tubo que no se dobla, debe quedar cerca

del plano neutro, no debe doblarse un tubo en la soldadura - transversal, si la tiene.

Están prohibidos los dobleces con arrugas en los tubos éstos deben desecharse, (tubo "chupado"). Y no se permite - el uso de "ingletes" para dar cambios de dirección de la tubería.

El equipo de doblado debe ir adelante del frente de -- soldadura, para no parar éste mientras se doblan los tubos - donde la configuración del terreno lo requiera. Por lo tanto el proyecto debe programar el uso del equipo de doblado.

La unidad de medida de ésta fase es el kilómetro y su costo, será el promedio por kilómetro de derecho de vfa, deducido de los costos parciales de los diferentes tramos. Para las obras especiales, el costo de doblado de tubería recita en curvas para formar bayonetas verticales y/u horizontales para: Trampas de diablos, valv. de seccionamiento, etc.- Es según el diámetro (pulg.) y su unidad será por Curva fabricada.

### III.7 ALINEADO Y SOLDADO DE TUBERIA

**LIMPIEZA DE TUBOS:** Antes de que los tubos sean tomados para soldarse, se inspeccionarán de los biseles y del -- cuerpo, separando los que estén dañados o repararlos si es - permisible. Los tubos aceptables se les limpia el interior y bocas dejando los biseles perfectamente esmerilados. Además se les pasará un medidor por el interior del tubo para - verificar el diámetro y forma, particularmente en tubos doblados.

**ALINEADO DE TUBOS:** Es el manejo de los tubos sobre el derecho de vfa, juntándolos extremos con extremo para formar una línea que se debe colocar paralela a la zanja dejando --

constituida la junta con la separación y alineamientos entre tubos, y manteniendo fijos los tubos mientras se deposita el primer cordón de soldadura.

El espacio entre los extremos de los tubos y la inmovilidad de los mismos cuando se alinean para ser soldados debe asegurar una penetración completa. Para tubos de iguales dimensiones, el espacio es 1/16". El desalineamiento de los tubos en la junta debe ser como mínimo 1/16". Para fijar, la junta, se utiliza un alineador exterior en diámetros hasta de 6"  $\emptyset$  y un alineador interior en tubos mayores de 8"  $\emptyset$ ; los cuales se podrán quitar hasta completar el 100% del fondo en la soldadura.

La tubería que se va constituyendo se coloca sobre apoyos, generalmente con polines de madera colocados en el terreno a un lado de la zanja, de modo que los bordes no se derrumben.

El espaciamiento de los apoyos varía, pero no debe ser mayor del que produzcan ondulaciones al tubo entre apoyo y apoyo, siendo estratégico en relación con los dobles laterales y verticales y las deformaciones laterales por temperatura que producen sinuosidades, hasta poderse caer los tubos del apoyo.

#### SOLDADURA

La soldadura de tubos debe considerarse como la operación más importante y de mayor atención, por constituir la continuidad de la hermeticidad y resistencia del conducto, que debe lograrse solamente con trabajadores competentes, un equipo que se mantenga en buenas condiciones y una inspección que no disminuya la vigilancia y pruebas que se establezcan.

La soldadura de los tubos puede ser hecha por cualquiera de los procesos siguientes.



TUBERIA SOLDADA EN EL DERECHO DE VIA

**LA SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO:** Donde la fusión se produce por el calentamiento que genera un arco eléctrico entre un electrodo de metal recubierto y el trabajo. - La protección se obtiene de la descomposición del recubrimiento del electrodo. No se usa presión y el metal de aporte se obtiene del electrodo.

**SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO:** Donde la fusión se produce por el calentamiento que genera un arco o arcos eléctricos entre el trabajo y un electrodo o electrodos metálicos descubiertos. La soldadura es protegida por una cubierta de material granular fusible sobre el trabajo. No se utiliza presión y el metal de aporte se obtiene del electrodo y, algunas veces, de una barra de soldadura suplementaria.

**SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO CON GAS:** Donde la fusión es producida por el calentamiento con un arco eléctrico entre un solo electrodo de tungsteno (no consumible) y el trabajo. La protección se obtiene de un gas o mezcla de gases (la cual puede obtener un gas inerte). Puede o no utilizarse presión y puede o no utilizarse material de aporte.

**SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO CON GAS:** Donde la fusión es producida por el calentamiento con un arco eléctrico entre el electrodo de metal de aporte (consumible) y el trabajo. La protección se obtiene de un gas o mezcla de gases (la cual puede contener un gas inerte) o una mezcla de un gas y un fundente.

**SOLDADURA DE OXI-ACETILENO:** Es un proceso de soldadura con gas donde la fusión se produce por calentamiento con flama o flamas de gas obtenidas de la combustión del acetileno con el oxígeno con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de metal de aportación.

La técnica que se aplique en los procesos de soldadura pueden ser: Manuales: Soldadura en la cual la operación com-

pleta se efectúa y controla a mano.

**SOLDADURA SEMIAUTOMATICA:** Es la soldadura de arco con equipo, el cual controla solamente la alimentación de metal de aporte. El avance de la soldadura se controla manualmente.

**SOLDADURA AUTOMATICA:** Es la soldadura de arco con -- equipo, el cual ejecutará la operación completa de soldadura sin manipulación del arco o electrodo, más que el guiado o trazado y sin requerimientos de destreza en la soldadura manual para el operador.

Estas técnicas de soldadura se pueden aplicar en soldaduras de tipo fija (donde el tubo o ensamble es mantenido estacionario), o soldaduras de tipo Girada (donde el tubo o ensamble es girado, mientras que el metal de soldadura se deposita en la parte superior central, o cerca de ella). Soldaduras de Posición o soldaduras de Rolado.

**EQUIPO:** El equipo de soldadura, ya sea de gas o de arco, debe ser de un tamaño y tipo apropiado para el trabajo, manteniéndose en condiciones que asegure una soldadura uniforme y aceptable, en operación continua. El equipo de arco eléctrico será operado dentro de los rangos de voltaje y amperaje dados en el procedimiento calificado de soldadura. El equipo de soldadura con gas, será operado con las características de flama, y tamaños de boquilla dado en el procedimiento.

**MATERIALES:** Tubo y Accesorios, debe aplicarse la soldadura conforme a: tubos API Spec 5L, API Spec 5LX, y ASTM -- aceptados.

Los metales de aporte, su tipo y tamaño deben ser conforme a las especificaciones: AWS A 5.1, AWS A 5.5, AWS a --

5.2, AWS a 5.17, AWS a 5.18 y AWS a 5.20

El almacenamiento y manejo de materiales de aporte y - fundentes, debe ser evitando que se dañen, junto con sus empaques.

**GASES DE PROTECCION:** Las atmósferas para la protec--- ción de un arco pueden ser de varios tipos, constituidos por gases inertes, gases activos o la mezcla de ellos. La pureza y sequedad de éstas atmósferas tienen gran influencia en la soldadura con valores apropiados para el proceso y meta-- les base. La atmósfera protectora que se use es calificada por el material y el proceso de soldadura. Los gases protectores deben guardarse en recipientes recargables que se almcenan alejados de temperaturas extremas.

#### CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Antes de iniciar la operación de soldadura en línea se califica la especificación detallada del procedimiento de -- soldadura que se usará para determinar que las soldaduras -- tengan propiedades mecánicas apropiadas, puedan considerarse sanas y se pueda aprobar el procedimiento a usarse. La calidad de la soldadura se determina por pruebas destructivas.

**REGISTROS:** Los detalles de cada procedimiento califi-- cado deben ser anotados en registros que muestran los resultados completos de las pruebas del procedimiento. Los registros deben ser implantados en las construcciones, iguales o semejantes a los que se están incluyendo como ejemplos.

**ASPECTOS DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA:** El procedi-- miento de soldadura especificado en el proyecto y que debe - calificarse en el campo, incluyen los diferentes aspectos -- que se enuncian a continuación.

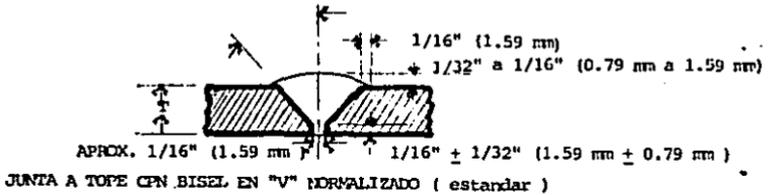
**PROCESO.** Identifica el proceso específico utilizado,

**EXHIBICION A**  
( FORMA DE MUESTRA )

**ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO ESTANDAR No.  
PARA.....SOLDADURA DE...TUBO Y ACCESORIOS**

A. Proceso.....	.....
B. Material.....	.....
C. Diámetro y Espesor de Pared.....	.....
D. Diseño de la Junta.....	.....
E. Metal de Aporte y Número de Cordones.....	.....
F. Características Eléctricas y de Flama.....	.....
G. Posición.....	.....
H. Dirección de Soldadura.....	.....
I. Número de Soldadores.....	.....
J. Lapso de Tiempo entre Pasos.....	.....
K. Tipo de Abrazadera de Alineación.....	.....
L. Retiro de la Abrazadera de Alineación.....	.....
M. Limpieza.....	.....
N. Precalentamiento, Relevación de Esfuerzos.....	.....
O. Gas de Protección y Razón de Consumo.....	.....
P. Fundente de Protección.....	.....
Q. Velocidad de Avance.....	.....
R. Esquemas y Tablas (Deben ir adjuntos).....	.....
Ensayado.....	Soldador.....
Aprobado.....	Supervisor de Soldadura.....
Adoptado.....	Ingeniero en Jefe.....

70  
 EXHIBICION A (CONT.)  
 ( FORMA DE MUESTRA )



TAMANO DE ELECTRODO Y NUMERO DE CORDONES

ESPEJOR DE LA PARED DEL TUBO	NUMERO DE CORDONES			NUMERO TOTAL DE CORDONES
	ELECTRODO	ELECTRODO	ELECTRODO	

NOTA: EN PRIMER PASO UNICAMENTE  
 EN PASOS RESTANTES USAR  
 EL CORDON DE VISTA, PUEDE SER HECHO CON:

RANGO DE VOLTAJES Y AMPERAJES

DIAMETRO DEL ELECTRODO	AMPERAJE	VOLTS DEL ARCO
------------------------	----------	----------------

71  
EXHIBICION B  
 ( FORMA DE MUESTRA )

CUPON DE REPORTE DE ENSAYO

Lugar.....  
 Fecha.....Estado.....Soldadura Girada...Soldadura Fija...  
 Soldador.....Clave.....  
 Tiempo de Soldadura.....Parte del día.....Temperatura Ambiente  
 .....Condición de Tiempo.....  
 Protección contra el Viento usado.....Voltaje.....Amperaje...  
 Tipo de máquina de Soldadura.....  
 Metal de Aporte.....  
 Tamaño de Refuerzo.....  
 Clase y Grado del Tubo.....  
 Espesor de la Pared.....Diámetro Exterior.....

1    2    3    4    5    6    7

Cordón No.....  
 Tamaño del Electrodo.....  
 No. del Electrodo.....

1    2    3    4    5    6    7

Muestra Cortada.....  
 Dimensión original de la placa.....  
 Carga Máxima.....  
 Resistencia a la Tensión en el Área.....  
 Lugar de fractura.....

Procedimiento	Prueba de Calificación	Calificado
Soldador	Prueba de Línea	Descalificado

Tensión Máxima.....Tensión Mínima.....Tensión Promedio.....  
 Observaciones del Ensayo.....  
 1.....  
 2.....  
 3.....  
 4.....  
 Observaciones del Ensayo de Doblado.....  
 1.....  
 2.....  
 3.....  
 4.....  
 Observaciones del Ensayo de Mella.....  
 1.....  
 2.....  
 3.....  
 4.....

Ensayo hecho en..... Fecha.....  
 Efectuado por..... Supervisado por.....  
 ( Use la parte posterior para observaciones adicionales )

NOTA: Puede usarse para reportar tanto la calificación del procedimiento como la calificación del soldador.

de soldadura de arco o el proceso de soldadura con gas, manual, semiautomático, automático o combinado.

**MATERIALES.** Tubos y conexiones de tuberías, API Spec 5L, 5LX, y otros materiales de especificaciones ASTM acero - al carbón, agrupados según el límite elástico mínimo especificado: 42,000 psi y menor; más de 42,000 psi y menos de -- 60,000 psi, más de 60,000 psi; además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas de los metales base y de relleno, tratamientos térmicos y propiedades mecánicas.

Agrupamientos por espesor de pared y diámetros.

Diámetro exterior pulg.	Espesor de pared pulg.
menores de 2 3/8	menores de 3/16
2 3/8 a 12 3/4	3/16 a 3/4 inclusive
Mayores de 12 3/4	mayores de 3/4

**DISERO DE RANURAS.** Forma de la ranura y ángulo del bi sel, tamaño de la cara de la raíz y abertura entre raíces o espacio entre miembros a tope. Forma y tamaño del cordón de soldadura. Tipo de respaldo si se usa.

**METAL DE APORTE Y NUMERO DE CORDONES.** (Tamaño y número de clasificación de metal de aporte, número mínimo y secuencia de cordones).

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS.** (Corriente y polaridad, - muestra el rango del voltaje y amperaje de cada electrodo, - sea varilla o alambre.

**CARACTERISTICAS DE LA FLAMA.** (Designa el tipo de flama ya sea neutral, carburante u oxidante y el tamaño del orificio en la boquilla del soplete para cada tamaño de varilla o alambre).

POSICION. (Ya sea soldadura fija o de rolado).

DIRECCION DE LA SOLDADURA. (Vertical hacia arriba o - hacia abajo). Se permite solamente en dirección vertical hacia abajo.

TIEMPO ENTRE PASOS. (Designa el tiempo máximo entre - la terminación del cordón de fondeo y el inicio del segundo cordón; el tiempo máximo entre la terminación del segundo -- cordón y el principio de los otros cordones o relleno).

TIPO DE ALINEADOR. (Interno o externo, si se requiere)

REMOCION DEL ALINEADOR. (Después de completar 100% -- del fondeo).

LIMPIEZA. (Sean herramientas mecánicas o manuales).

PRE Y POSTCALENTAMIENTO. (Relevo de esfuerzos). (Métodos, temperatura, métodos de control de temperatura, rango - de temperatura ambiente).

GAS PROTECTOR Y GASTO. (Composición del gas y gasto).

FUNDENTE DE PROTECCION. (Designa el tipo y tamaño).

VELOCIDAD DE AVANCE. (Puigadas o centímetros por minuto para cada paso).

DIBUJOS Y TABLAS. (Dibujos por láminas separadas, mostrando la ranura y secuencia de los cordones de soldadura, - junto con los datos según el diámetro y espesor de pared del tubo, el diseño de la junta, el metal de aporte, número de - cordones y las características de la corriente eléctrica o - de la flama).

#### RECALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA VARIABLES ESENCIALES

Un procedimiento de soldadura debe ser restablecido co

mo una nueva especificación de procedimiento y debe ser completamente recalificado, cuando cambian cualquiera de las variables siguientes que pertenecen al procedimiento primeramente establecido.

Cambio en el proceso de soldadura. (De gas a arco protegido; proceso de gas o soldadura de arco; de manual a semi-automática o automática o combinación de éstos).

Cambio en el material de los tubos. (Grupos de ASTM o API, acero al carbón, con límite elástico mínimo especificado de 42,000 psi y menor; más de 42,000 psi y menos de 60,000 psi; más de 60,000 psi; además de comprobar la compatibilidad de las propiedades metalúrgicas del metal base y el de relleno, tratamientos térmicos y propiedades mecánicas).

Cambio en el diseño de la junta. (De ranura en V a ranura en U, etc. El cambio en el ángulo del bisel o borde de la ranura, no son variables esenciales del procedimiento especificado).

Cambio de posición. (Para soldadura a tope solamente).

Cambio en el espesor de pared del tubo. (Un cambio de grupo de espesor de pared a otro grupo).

Cambio en el metal de aporte. (De un grupo clasificado a otro: Ver Tabla "Grupos de metal de aporte").

Disminución del número de soldadores del cordón de fondo.

Cambio en el periodo de tiempo entre el cordón de fondo y el segundo cordón según máximo establecido.

Cambio en dirección. (Vertical-abajo a vertical-arriba o viceversa).

Cambio en el gas protector. (De un gas a otro; de una mezcla de gases a mezcla diferente de los mismos gases).

Cambio en el gasto del gas. (Disminución o incremento del gasto según límites establecidos).

Cambio en el fundente de protección. (Cambio del tipo

TABLA

## GRUPOS DE METAL DE APORTE

<u>GRUPO</u>	<u>ESPECIF. AWS</u>	<u>ELECTRODO</u>	<u>FUNDENTE</u>
1	A5.1	E6010, E6011	
	A5.5	E7010, E7011	
2	A5.5	E8010, E8011	
3	A5.5	E7015, E7016, F7018	
	A5.5	E8015, E8016, E8018	
4	A5.17	EL8	
		EL8K	F-60
		EL12	F-61
		EM5K	F-62
		EM12	F-70
		EM12K	F-71
		EM13K	F-72
		EM15K	
5	A5.18	E70S2	
6	A5.18	E70S6	
7	A5.18	E70S-1B	
8	A5.2	RG60	
	A5.2	RG65	

NOTAS:

- 1.- Pueden usarse otros electrodos, metales de aporte y fundentes, pero requerirán un procedimiento de calificación separado.
- 2.- Puede usarse cualquier combinación de fundente y electodo del grupo 4 para calificar el procedimiento. La combinación debe ser identificada por su clasificación AWS completa, tales como F71-EL12 ó F62-EM12K. Solamente se permiten sin recalificación aquéllas substituciones que resulten en el mismo número de clasificación AWS.
- 3.- El Gas de Protección es para usarse en los grupos 5, 6 y 7.

o tamaño de las partículas del fundente).

Cambio en la velocidad de avance. (Arriba o abajo según límites).

#### UNIONES DE PRUEBA, SOLDADAS A TOPE:

Se denomina unión de prueba a la unión con soldadura - de dos extremos de dos pequeños tramos de tubo que obedecen todos los detalles de las especificaciones del procedimiento por calificar y bajo las condiciones que se esperan en la -- producción de las soldaduras en la línea.

Prueba de "uniones de prueba" soldadas a tope: Estas pruebas se hacen por medio de especímenes con las dimensiones y pruebas que deben realizarse según especificaciones de API 1104.

Las pruebas que se hacen son las siguientes:

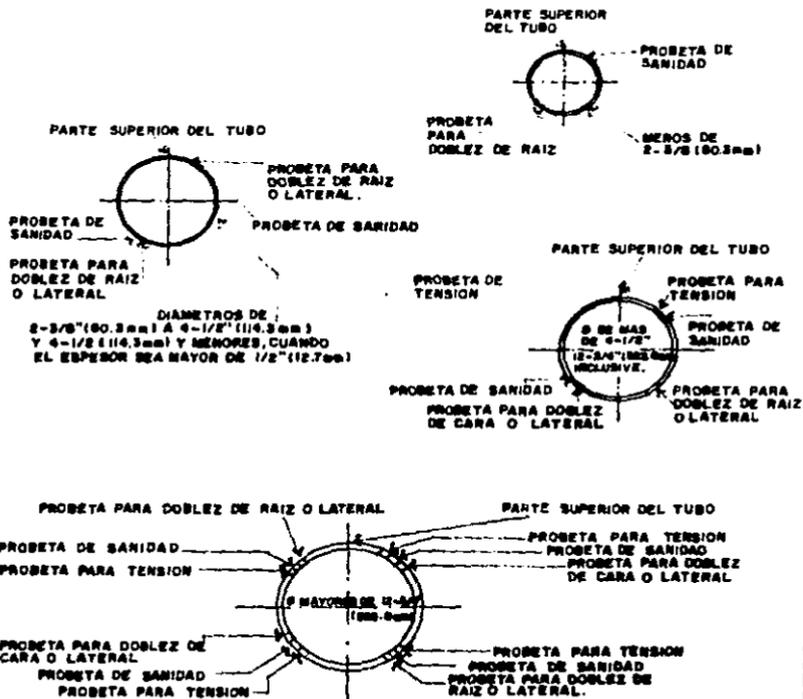
- \* Prueba de Resistencia a la Tensión
- \* Prueba de Mella
- \* Prueba a Doblado de Rafz y Cara
- \* Prueba de Doblado Lateral
- \* Prueba de Ranura y Rotura R.R.

#### PRUEBAS DE CALIFICACION DE SOLDADORES

- \* Pruebas de Calificación Simple
  - \* Pruebas de Calificación Múltiple
  - \* Prueba de Calificación por examen visual
  - \* Pruebas de calificación por pruebas destructivas
  - \* Pruebas de calificación por inspección radiográfica
- Solamente en soldaduras hechas a tope

Para producir soldaduras, un soldador podrá calificar siempre que demuestre su habilidad para ejecutar soldaduras aceptables mediante un procedimiento específico y calificado

UNA PRUEBA DE TENSION DE LA SECCION COMPLETA COMO PROBETA, PUEDE EMPLEARSE EN TUBERIAS DE  $1-5/16"$  (33.4mm) O MENOS DE DIAMETRO.



**NOTA**

COMO OPCION DE LA COMPANIA, LA LOCALIZACION DE LAS PROBETAS PUEDE GIRARSE A CUALQUIER ANGULO, SIEMPRE QUE SE CONSERVE EL MISMO ESPACIAMIENTO Y QUE ESTAS NO CONTENGAN SOLDADURAS LONGITUDINALES.

LOCALIZACION DE LAS PROBETAS. ENSAYOS (PRUEBAS) EN LA SOLDADURA PARA CALIFICACION DE SOLDADORES PARA HACER UNIONES A TOPE.

en soldaduras a tope y soldaduras de filete.

Los soldadores deben cumplir los requisitos de las -- pruebas de calificación de soldaduras.

Antes de comenzar la prueba, el soldador deberá disponer de un tiempo razonable para ajustar la máquina soldadora usada en la prueba.

El soldador deberá usar la misma técnica de soldar, -- proceder con el soldado a la misma velocidad del arco y usará la misma corriente de soldado si es que pasó la prueba y se le ha permitido hacer producción de soldadura.

La calificación de soldadores debe ser conducida en -- presencia de los inspectores.

#### PRUEBAS DE CALIFICACION SIMPLE.

Un soldador podrá obtener calificación simple, si cumple los requisitos del procedimiento al ejecutar soldaduras de prueba para unir a tope dos tramos cortos de tubo o para unir ramales y otras uniones con soldadura de filete.

En el soldado a tope, los segmentos de tubo deben ser soportados con su eje longitudinal en un plano horizontal, o inclinado no más de 45° en condiciones semejantes a las del soldado en obra, de manera que se produzcan las soldaduras - típicas planas, verticales y sobre cabeza, usando un procedi miento calificado de soldadura.

Se deberá hacer una prueba de soldadura de filete, siguiendo los procedimientos calificados para soldado vertical a tope, en conexión de ramales y soldadura de filete, debiendo limitar la clasificación específica a la calificación del procedimiento.

Las soldaduras a tope deben ser aceptadas si cumplen - los requisitos de las pruebas de calificación de soldadores enunciadas como: múltiple, visual, destructiva o radiográfica que se describen más adelante.

Los cambios de variables esenciales descritas en "Alcance de la calificación simple", requieren una recalificación del soldador.

Alcance de la calificación simple. Un soldador que ha completado satisfactoriamente las pruebas de calificación de soldadura de la calificación simple, debe quedar calificado dentro de los límites de las variables que se describe, en - seguida; si se cambia cualquiera de estas variables, el soldador que use el nuevo procedimiento debe ser recalificado.

Un cambio del procedimiento de soldado a otro, o combinación.

Un cambio de dirección, vertical de arriba hacia abajo y viceversa.

Un cambio de metal de aporte de un grupo a otro. Ver - tabla de tipo y número de especímenes para calificación de - soldadores.

Un cambio de diámetro nominal de un grupo a otro.

GRUPOS: Menor de 2.3/8 pulg.  
2.3/8 a 12.3/4 pulg.  
mayor de 12.3/4 pulg.

Un cambio de espesor nominal de pared de tubos, de un grupo a otro grupo.

GRUPOS: Menor de 3/16 pulg.  
3/16 a 3/4 pulg.  
mayor de 3/4 pulg.

Un cambio de posición: De rolado a fijo y viceversa - de vertical a horizontal y viceversa.

Un cambio en el diseño de junta: de U a V. con respaldo.

#### PRUEBAS DE CALIFICACION MULTIPLE.

Un soldador calificado para los requisitos de la calificación múltiple, debe hacer completas, dos soldaduras de prueba como se describirán en seguida, usando un procedimiento calificado:

El soldador hará primeramente una soldadura a tope para unir dos tubos colocados en posición fija horizontal, o inclinado a menos de 45°. Los tubos serán de 6 pulg Diám. -- Nom. y 0.250 de espesor como dimensiones mínimas, sin usar tira de respaldo. La soldadura debe ser aceptada si cumple los requisitos de las pruebas de calificación de soldadores: Visual y Destructiva o Radiográfica en soldado a tope.

La segunda prueba de calificación consiste en que el soldador haga una conexión de ramal, a diámetro completo de tubo, incluyendo: trazo, corte, ajuste y soldado. El tubo tendrá 6 pulg diámetro nominal y 0.250 pulg. de espesor como dimensiones mínimas. El corte del agujero debe ser en forma continua. La soldadura debe presentar penetración completa en toda la circunferencia y el cordón de raíz no contendrá ninguna quemada mayor de 1/4 pulg. La suma de longitudes de quemadas separadas, no reparadas, en cualquier longitud continua de cordón de 12 pulg, no debe exceder a 1/2 pulg. El tramo de tubo estará colocado en posición horizontal y el ramal en posición vertical hacia abajo. La soldadura presentará un acabado uniforme y bueno. La superficie de la soldadura debe cumplir los "Requisitos" de la "prueba de uniones de prueba. Soldadura de filete".

Alcance de la calificación múltiple. Si un soldador ha calificado sucesivamente las dos pruebas descritas antes, pero en tubo de 12 pulg de diámetro nominal o mayor, debe estar calificado para soldador en todas las posiciones, accesorios y todos los diámetros de tubo. Un soldador que ha calificado sucesivamente las dos pruebas descritas antes, pero en tubos menores de 12 pulg diámetro nominal debe estar calificado para soldar en todas posiciones, todos los espesores de pared, juntas de diseño, accesorios y todos los diámetros de tubos iguales o menores que aquel tubo que fue usado en las pruebas de calificación.

Si cualquiera de las variables esenciales siguientes, cambian en la especificación del procedimiento de soldadura, el soldador que use el nuevo procedimiento debe ser recalificado.

Un cambio de un procedimiento de soldado a otro o combinación.

Un cambio de dirección de soldado, de vertical hacia abajo o vertical hacia arriba, o viceversa.

Un cambio de metal de aporte de un grupo clasificado a otro.

#### PRUEBAS DE CALIFICADO POR EXAMEN VISUAL.

La soldadura debe estar libre de grietas, tener una -- apropiada penetración, libre de quemaduras no reparadas y -- otros defectos, y debe presentar un aspecto limpio y bien -- acabado. La socavación adyacente al cordón final en la parte exterior del tubo no debe exceder a 1/32 pulg, de profundidad, o bien 12.5% del espesor de pared del tubo cualquier valor que sea menor y habrá no más de 2 pulg, de socavación en 12 pulg de longitud de soldadura.

Cuando se use soldadura automática o semiautomática deberá mantenerse una mínima protuberancia de metal de aporte

sobresaliente en el interior del tubo.

Falla en contra de estos requisitos deben ser causa su ficiente para suspender pruebas adicionales.

#### PRUEBAS DE CALIFICACION POR PRUEBAS DESTRUCTIVAS.

Muestreo de soldaduras de prueba. Soldadura a tope. - Los especímenes deben ser cortados de cada soldadura de prue ba si la soldadura de prueba es una soldadura circunferen---- cial completa. Si la soldadura de prueba consiste de segmen tos de niples de tubos, un número de especímenes aproximada---- mente igual debe ser sacado de cada segmento.

Para tubos de 1.5/16 pulg diámetro exterior y menores, una sección completa como espécimen, puede ser substituida - por los cuatro especímenes de doblado de raíz y las de ranura y rotura de sección reducida. Esta sección completa debe - probarse según el "Método" de la "Prueba de la Rotura por -- Tensión" y deberá cumplir los requisitos de la Rotura por -- Tensión en soldaduras a tope.

RT. Requisitos de la prueba de rotura por tensión en soldaduras a tope. Si dos o más especímenes de sección redu cida (ranurado) o el espécimen de sección completa son proba dos y se rompen en la soldadura o en la unión entre la solda dura y el metal base, y también falla en el cumplimiento de los requisitos, el soldador debe ser descalificado.

RR. Requisitos de la prueba de ranura y rotura en soldadura a tope. Si cualquier espécimen muestra defectos mayo res, el soldador debe ser descalificado.

DR. DC. DL. Requisitos de la prueba de doblado en soldaduras a tope. Si cualquier espécimen muestra defectos ma yores que aquellos permitidos de las pruebas de procedimien---- tos de calificación de soldadores, el soldador debe ser des-

calificado.

Las soldaduras hechas en tubos de alta resistencia -- (API Spec 5LC) no se doblarán hasta adquirir la forma completa de U. Debe considerarse aceptable si el espécimen agrietado se rompe después y su superficie expuesta cumple los requisitos del párrafo anterior denominado "Requisitos" de la "Prueba de Rotura de Ranura".

Si uno de los especímenes para la prueba de doblado falla en el cumplimiento de los requisitos respectivos de rotura, pero la falla es atribuible a la falta de penetración y no es representativa de la soldadura, el espécimen de prueba puede ser reemplazado por otro que se corte adyacente al que falló. El soldador debe ser descalificado si el nuevo espécimen muestra los mismos defectos o defectos mayores que los especificados.

**PRUEBA DE CALIFICACION POR INSPECCION RADIOGRAFICA.  
SOLAMENTE EN SOLDADURAS HECHAS A TOPE.**

Inspección radiográfica de soldaduras de prueba. Las radiografías deben ser hechas a cada una de las soldaduras de prueba. El soldador debe ser descalificado si cualquiera de sus soldaduras de prueba no cumple los "Estándares de -- Aceptabilidad en Pruebas no Destructivas" que se verá más -- adelante.

La inspección radiográfica no debe usarse con el propósito de localizar áreas sanas que contengan discontinuidad, y tiempo después se hagan pruebas destructivas de tales -- áreas para calificar a un soldador.

Nuevas pruebas. Si falla de un soldador para pasar la prueba, fue por condiciones inevitables o por condiciones -- más allá de su control, tal soldador deberá recibir una segunda oportunidad para calificar. No se darán más pruebas -

después de sometido el soldador a esta última prueba.

Registros de calificación de soldaduras. Un registro debe ser hecho referente a la prueba dada a cada soldador y con los detalles resultantes de cada prueba. Debe usarse -- una forma similar a la del "Registro del Procedimiento Calificado de Soldadura" en páginas anteriores. Debe ser mantenida una lista de soldadores calificados y los procedimientos en los cuales ellos fueron calificados.

Desde que se inicien las pruebas, a cada soldador se le asigna un número específico que le sirve de identificación durante el tiempo que duren las pruebas y los trabajos y tendrá que estamparlo en la prueba junto a cada soldadura que ejecute. Lo mismo hará en la línea, marcando el número con un lápiz (crayón) que el radiografista sustituirá por números de plomo, de manera que salga impresa en las radiografías.

#### DISEÑO Y PREPARACION DE UNA JUNTA PARA SOLDADURA DE PRODUCCION:

##### - GENERALIDADES:

La soldadura de tubería debe ser ejecutada por soldados calificados usando procedimientos calificados. Las superficies a soldar deben estar lisas, uniformes libres de laminaciones, desgarraduras, grasa, pintura, escama y otros materiales que puedan afectar adversamente la soldadura. El diseño de la junta y el espacio entre los extremos empalmados deben estar de acuerdo con el procedimiento especificado de soldadura que se usará.

Por otra parte, deberá disponer de todo el equipo, herramienta y respuestos necesarios para las labores de trabajo. Antes de la operación del soldador se limpiarán los extremos del tubo con un esmeril.

- ALINEAMIENTO:

El alineamiento de los extremos lindantes de los tubos debe ser tal que el desalineamiento entre superficies a tope sea mínimo. Para tubos del mismo espesor nominal el desalineamiento no debe exceder de  $1/16"$ . Cualquier desalineamiento mayor, es causado por variación de dimensiones y debe ser igualmente distribuido alrededor de la circunferencia del tubo. El golpe de martillo sobre el tubo para obtener un alineamiento apropiado, debe prohibirse.

- USO DE ALINEADORES EN SOLDADURAS A TOPE:

Los alineadores deben usarse de acuerdo con los requisitos del procedimiento especificado. No se permite mover el alineador antes de completar el primer cordón de fondeo, este cordón debe desarrollarse en segmentos iguales, simétricos e igualmente espaciados alrededor de la circunferencia de la junta. Antes de fijar un alineador interior se deben prevenir movimientos del tubo, o forzamientos indebidos de la soldadura.

Los segmentos de soldadura usados en conexiones con el alineador exterior deben ser uniformemente espaciados alrededor de la circunferencia del tubo y deberán tener una longitud 100% de la circunferencia antes de que el alineador sea removido. En los empates de tuberías se usa solamente alineador exterior o de canasta.

Todas las posiciones de soldadura se hacen asegurando contra cualquier movimiento la posición de las partes que se van a unir, proporcionando el espacio adecuado alrededor del tubo para permitir que los soldadores ejecuten su trabajo. - El cordón de soldadura de rafz (fondeo) debe ser depositado con el tubo en posición estacionaria.

Todas las soldaduras deben estar en un plano a  $90^\circ$  del eje longitudinal del tubo. No deben hacerse soldaduras en -

inglete. Si en el soldado se descubren laminaciones o grietas en los extremos de los tubos, la junta completa con estos defectos se desechará de la línea.

- BISELES:

Biseles de fábrica: Los tubos deben estar provistos de biseles de fábrica conforme al diseño de juntas usado en la especificación del procedimiento de soldado.

Biseles de campo: Los extremos de los tubos se bise--lan en el campo por medio de una máquina biseladora y cortador de oxígeno debidno hacerse el corte a 90° del eje longitudinal del tubo, con superficies pulidas, dimensionadas de acuerdo con el procedimiento de soldadura calificado. El bisel de campo se hace cuando los extremos de los tubos se dañan durante el manejo, de manera que no se obtiene el contacto satisfactorio para soldar.

El biselado de tubo de líneas hecho a mano, para fines de soldado, no debe hacerse.

- CONDICIONES DEL TIEMPO:

El soldado no debe ejecutarse cuando, al completarse la soldadura, su calidad pueda ser dañada por las condiciones prevalectentes del tiempo, incluyendo pero no limitando, viento húmedo, viento con arena o viento fuerte. En estos casos se usarán protectores contra el viento y si éstos no dan la protección suficiente deberá suspenderse el soldado -- hasta tener mejores condiciones.

Cuando el tubo a soldar se encuentra sobre el nivel del terreno, el espacio de trabajo entre el piso y el tubo no debe ser menor de 16". Cuando el tubo a soldar se encuentra alojado en una zanja el agujero en el terreno debe ser del tamaño suficiente para proveer al soldador fácil acceso a la junta.



SOLDADURA EN LINEA REGULAR

**LIMPIEZA ENTRE CORDONES:**

Las escamas y escoria deben ser removidas de cada cordón y ranura. La limpieza puede ser hecha a mano o mecánicamente.

Cuando se usa soldadura automática o semiautomática, - los grupos de porosidad superficial, inicio del cordón y puntos altos, pueden ser removidos por esmerilado antes de volver a depositar metal de soldadura sobre esos puntos.

**SOLDADURA DE POSICION (FIJA):**

Cordones de relleno y de acabado o vista. El número de cordones debe ser tal que la soldadura terminada tenga -- una sección transversal sustancialmente uniforme alrededor de toda la circunferencia del tubo. En ningún punto la superficie de la corona estará abajo de la superficie del tubo, ni estará elevada arriba del metal base más de 1/16 pulg.

Después que el cordón de soldadura de raíz o fondeo -- sea completado, deberá agregarse inmediatamente el segundo cordón o paso caliente y después será colocada por los soldadores de acabado, la cantidad de cordones que especifique el procedimiento.

No deben iniciarse dos cordones de soldadura en el mismo punto; se iniciará en cuadrantes opuestos.

La cara de una soldadura terminada debe ser aproximadamente 1/8 pulg. mayor que el ancho de la ranura original. - Una soldadura terminada debe ser cepillada y limpiada.

Cualquier suspensión de trabajos de soldadura de la línea, incluso en las labores de un día, deberá hacerse dejando totalmente terminadas todas las soldaduras que se encuentren en fase intermedio el decidir la suspensión.

**SOLDADURA DE ROLADO (GIRADA):**

En los casos de soldadura de rolado, se permite instalar una armadura fija que soporte un alineador y dos tramos de tubo, con un sistema de movimiento circular, que permita girar sin que se suceda ningún desalojamiento de los tubos - en la junta por soldar, ni de los tubos mismos. No se permitirán los sistemas de soldadura de rolado que se desalojan a lo largo del derecho de vfa.

Cordones de relleno y cordones de acabado. El número de cordones de relleno y de acabado debe ser tal que la soldadura completa debe tener una sección transversal substancialmente uniforme alrededor de toda la circunferencia del tubo.

En ningún punto la corona de la soldadura debe estar - abajo de la superficie exterior del tubo, ni debe estar elevada arriba del metal de las piezas por soldar más de 1./16 pulg.

La cara de la soldadura terminada debe estar aproximadamente 1/8 pulg más ancho que el ancho de la ranura.

A medida que progresa la soldadura, el tubo debe ser - rolado para mantener el soldado en o cerca de la parte alta del tubo. La soldadura terminada debe ser totalmente cepillada y limpiada.

Identificación de soldadura. Cada soldador debe identificar su trabajo de manera proscrita para la obra.

**EQUIPO DE SOLDAR:**

Las máquinas de soldar serán operadas dentro de los límites de la tensión y la corriente recomendando por cada tipo y tamaño de electrodo y la clase de soldaduras por efectuar.

Todos los cables serán de una pieza continua y no se permitirán más conexiones que las extremas y la necesaria entre el cable terminal y el cable del porta-electrodo. Las conexiones a tierra se diseñarán y aplicarán de modo de evitar cualquier "arco" entre el cable terminal de tierra y la tubería o aditamento por soldar.

Cualquier equipo que no reúna todos los requisitos especificados deberá ser reparado o retirado.

#### PRECALENTADO Y RELEVADO DE ESFUERZOS:

El procedimiento de soldadura calificado deberá especificar la práctica del precalentamiento y el relevado de esfuerzos que deba ser seguido cuando los materiales o las condiciones del tiempo los hagan necesarios.

#### SOLDADO AUTOMATICO:

El término "Soldado Automático" debe pertenecer al equipo de soldar, el cual ejecuta todas las operaciones del soldado, sin manejar manualmente el arco o el electrodo (excepto la gufa) y sin requerir la habilidad manual del operador.

- \* Soldado de arco sumergido
- \* Soldadura de arco metálico con gas
- \* Soldadura de arco con gas tungsteno
- \* Soldadura de arco con núcleo de fundente, con o sin protección
- \* Soldadura de arco de los procesos anteriores combinados.

#### CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO:

Antes de iniciar la producción de soldadura, se debe establecer y calificar una especificación detallada del procedimiento para demostrar que la soldadura tiene propiedades mecánicas apropiadas (resistencia, ductibilidad y dureza), que puede considerarse sana y puede efectuarse por el procedimiento seleccionado.

Dos tramos de tubos deben ser unidos siguiendo los detalles del procedimiento especificado. La cantidad de la soldadura debe determinar por la aplicación de las pruebas destructivas, que ya fueron descritas con anterioridad.

#### REGISTROS DEL PROCEDIMIENTO CALIFICADO:

Todos los detalles de los procedimientos calificados deben ser registrados, y éstos deben mostrar claramente los resultados completos de las pruebas de calificación. Las formas de registro usuales son las mismas que ya se vieron. Los registros se deben conservar tanto como el tiempo de aplicación del procedimiento.

#### ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO:

El procedimiento especificado debe comprender toda la información pertinente con la que fue establecido y mantener la operación apropiada el equipo, en los siguientes puntos.

#### PROCESO. IDENTIFICACION DEL PROCEDIMIENTO UTILIZADO.

**MATERIALES DE TUBOS Y ACCESORIOS DE TUBOS.** Identificación de los materiales sobre los cuales el procedimiento debe aplicarse.

Grupo por espesor de pared, cantidad y secuencia del grupo de diámetros al que se aplica el procedimiento.

Grupo de espesor de pared, cantidad y secuencia de cordones requeridos. Identidad de la clasificación de grupos de espesores de pared sobre el cual se aplica el procedimiento; la clasificación y cantidad de cordones para el espesor de que se trate, y la máquina para cada cordón.

**DISEÑO DE JUNTA.** Dibujo del tipo de junta en U, en V etc., el ángulo del bisel y sus límites, tamaño de la raíz y su abertura. Diseño y tipo de tira de respaldo si se usó.

**METAL DE RELLENO.** Número de clasificación AWS y tamaño designado, u otros.

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS.** Corriente y polaridad designada, límites de tensión y corriente para cada tipo y tamaño de electrodo usado.

**POSICION.** Posición fija o de rolado.

**DIRECCION DE SOLDADO.** De subida o de bajada.

**LAPSO DE TIEMPO ENTRE PASOS.** Tiempo máximo designado entre la terminación del cordón de raíz y la iniciación del segundo cordón. Tiempo máximo entre el segundo cordón y el principio de los últimos cordones.

**TIPO DE ALINEADOR USADO.** Interno, externo, no se requiere.

**LIMPIEZA.** Describir la junta y la limpieza aceptada.

**PRECALENTADO.** Especificar métodos, temperatura mínima al iniciar la soldadura, temperatura ambiente mínima abajo de la cual se requiere precalentado.

**POSTCALENTADO.** Especificación de los métodos, temperatura mínima y máxima, tiempo a temperatura constante y métodos de control de temperatura.

**GAS PROTECTOR Y GASTO.** Limitación del gasto y composición designada.

**FUNDENTE PROTECTOR.** Designación del número y clasificación AWS, u otro.

**VELOCIDAD DE VIAJE.** Límites de velocidad en pulgadas por minuto para cada paso.

**OTROS FACTORES IMPORTANTES.**

**VARIABLES ESENCIALES:**

Un procedimiento de soldadura debe ser restablecido como una nueva especificación del procedimiento y debe ser completamente recalificado cuando se haga cualquier cambio de los puntos que se mencionan a continuación.

Otros cambios que no sean estos, pueden hacerse sin necesidad de recalificar, previa verificación de los puntos -- del procedimiento establecido.

#### CAMBIO EN EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA:

Cambio en el material del tubo de acuerdo al siguiente agrupamiento:

- 1o. Límite elástico mínimo especificado 42000 psi y menor.
- 2o. Límite elástico mínimo especificado; mayor de -- 42000 psi pero menor de 60 000 psi.
- 3o. Límite elástico mínimo especificado de 60000 psi y mayor; cada grado requiere prueba de calificación separada.

NOTA: La prueba de calificación y los cambios subsecuentes si los hay, deben considerar el punto de vista de sus propiedades metalúrgicas, de los requisitos del precalentamiento, de los del postcalentamiento, de las propiedades mecánicas, etc.

Cambio en el diseño de la junta. De U a V o cualquier cambio en el espaciamiento, en la cara de la raíz, en el ángulo de bisel, etc.

Cambio en el espesor de pared. Más allá de los límites establecidos.

Cambio en el diámetro del tubo. Más allá de los límites establecidos.

Cambio del tamaño del alambre del metal de aporte.

Cambio en el lapso de tiempo. Entre el cordón de raíz y el segundo cordón, sobre el tiempo establecido.

Cambio en el gas protector. De un gas a otro, o de -- una mezcla a otra.

Mayor gasto de gas. Aumento o disminución del gasto -- establecido.

Cambio en el fundente protector. Cambio en el número y clasificación AWS, o en otra clasificación.

Cambio de velocidad de viaje. Fuera de los límites establecidos.

Cambio en la dirección de soldado. De subida, de bajada o viceversa.

Cambio en los requisitos del precalentamiento establecido.

Cambio en los requisitos del postcalentamiento establecido.

Cambio en las características eléctricas establecidas.

#### CALIFICACION DE LOS OPERADORES Y EQUIPOS DE SOLDAR:

Cada unidad de soldado y cada operador deben ser calificados por la producción aceptable de soldaduras usando un procedimiento calificado. La soldadura debe ser probada por los métodos destructivos y/o no destructivos y deben cumplir con las pruebas de calificación de soldadores siguientes: visual, destructivas, radiográfica y la consideración de una recalificación del soldador, efectuadas en la misma forma ya descritas antes. Previamente cada operador debe recibir un entrenamiento adecuado para demostrar su habilidad y familiaridad en el manejo del equipo, antes de iniciar la producción de soldaduras.

Las unidades de soldar, iguales, ya sean adicionales o para reemplazo pueden ser calificadas por pruebas no destructivas en producción de soldaduras. Si el procedimiento de soldar involucra más de una operación y/o más de un operador, cada operador debe ser calificado con la unidad soldadora -- que él usará en la producción de soldaduras.

#### REGISTROS DE CALIFICACION DE OPERADORES:

Debe hacerse un registro de los requisitos de las pruebas

bas de calificación de operadores y equipos de soldar con los detalles resultantes de cada prueba. En forma similar debe usarse la forma de "reporte" del "Registro para el procedimiento calificado de soldadura". La lista de operadores calificados y el procedimiento en el cual ellos fueron calificados, debe ser mantenida. Un operador puede ser requerido para una nueva calificación si se tiene duda de su habilidad.

Los siguientes aspectos que ya fueron tratados con anterioridad deben ser aplicados al soldado automático:

Inspección y prueba de soldadura de producción.

Estándares de aceptabilidad en pruebas no destructivas

Reparación o remoción de defectos.

Si se usa un procedimiento de reparación diferente, dicho procedimiento debe ser establecido y calificado.

Procedimiento radiográfico.

### III.8 LIMPIEZA INTERIOR

La limpieza interior no será iniciada si no se han reparado las soldaduras defectuosas, después de lo cual debe correrse por el interior de la tubería una sonda para limpiar y desprender materias que puedan resultar de cada junta soldada entre tubos.

La sonda o "Diablo" de construcción consiste de un centro tubular o ciego de acero, que sostiene en cada extremo una copa de hule o cuero, entre dos discos de acero y en el frente un disco de acero a 95% del diámetro interior, el cual debe usarse para verificar las dimensiones interiores del tubo. Los diablos usados en la limpieza deben ser del tipo regular, algunos equipados con hojas o cuchillas de acero, y los más usuales son semejantes a los diablos de construcción descritos antes pero tienen mayor número de discos o copas, algunos en forma de cepillos de alambre y otros están diseñados para girar por su eje longitudinal.

Después de correr los diablos de construcción para verificar la dimensión interior de la tubería, se correrán los diablos de limpieza impulsados por aire en secciones de tubería de 5 kilómetros de longitud como máximo, colocando en el extremo corriente arriba de la tubería, una trampa de diablo removible hecha del mismo tubo para alojar el diablo e introducirlo después a la tubería, y con las conexiones necesarias para inyectar aire a presión por medio de una compresora de capacidad apropiada. Corriente abajo del tramo de la tubería, se coloca o instala otra trampa receptora con un tubo perforado para que se expulse el aire que desaloja el diablo en la línea. Ambas trampas se soldan a la tubería y se cortan después para seguir utilizando las trampas en los tramos subsiguientes. Debiendo controlar el paso de diablos a lo largo de la línea, en la que produce un sonido característico. Si llegara a detenerse el diablo dentro de la tubería, se puede decir que está atorado por exceso o acumulación de material que puede ser arena, tierra, polines, animales, basura, etc., la cual para desatorarlo se aumenta la presión de aire con el compresor, pero si sigue detenido, deberá cortarse la tubería, sacar el diablo, reparar la tubería, anotar las causas que lo detuvieron, y volver a correr el diablo.

Después de hacer la operación de limpieza de la tubería, se procede a ejecutar la prueba de permeabilidad de las soldaduras de campo del mismo tramo, cortando la trampa de recibo y substituyéndola por un tapón hecho también del mismo tubo. Tanto las trampas como los tapones se sueldan y se cortan de los tubos o la tubería. En esta prueba, la presión interior de la tubería será hasta 100 lb/pulg<sup>2</sup> mediante la misma compresora y para localizar las fugas de aire en las juntas soldadas de campo se les untan espuma de jabón, lavándose después con agua limpia. La junta que resulte con fuga, deberá repararse o cortarse colocando un carrete, según la magnitud de la fuga. Los extremos de la tubería deben quedar biselados para poder efectuar los empates, poste-

riormente. Para evitar que penetre basura o animales en la tuberfa deberán cubrirse los extremos abiertos con las tapas apropiadas o capuchas y no removerlas hasta comenzar de nuevo la soldadura.

Los costos de los conceptos que intervienen en esta fase, se calculan según la magnitud de la obra, como:

Fabricación de tapones: según el diámetro. Unidad Pza.

Instalación de tapones y corte posterior: Idem arriba.

Llenado y levantamiento de presión en tuberfa: según -- el diámetro (pulg). Unidad: KM.

Corrida de diablos con aire, previa o posterior a la prueba en tuberfa. según diám. (pulg). Unidad: KM. Instalación de carretes. Inst. de compresor para corrida de diablos. Para ambos: según diám. (pulg.). UNIDAD: Pza.

### III.9 EMPATES

Por construcción, durante las operaciones de alineado se permite con cierta frecuencia tener desconectadas secciones de línea. Estas secciones tendrán que ser unidas después en sus extremos para dar continuidad a la línea, operación que es conocida con el nombre de "empate".

Generalmente el seccionamiento ocurre al interrumpir el soldado de tuberfa de la línea regular en los casos siguientes:

Por una sección de la línea abajo de una vfa férrea de un camino, o de otro obstáculo que no será instalada por la cuadrilla de alineado y soldado. Cuando la línea se interrumpe en un cruzamiento de rfo, laguna, estero, etc.

Quando la línea se interrumpe en una estación de bombas, en una trampa de diablos, en una válvula de seccionamiento.

En caso de tener una sección libre, para trabajos con tubos de revestimiento en plantas y que interfiera con la -- operación de bajo y tapado.

Por acomodamiento de la tuberfa en la zanja.

Cuando la línea se deja abierta para corrida de días -- blos.

Para unir estas secciones y dar continuidad a la línea debe seguirse el procedimiento de soldadura y el de revestimiento establecidos, deberá usarse el equipo necesario y procurar la manera de que las secciones queden apropiadamente -- alineadas para evitar sobre esfuerzos.

Las soldaduras de empate que ha sido necesario hacer -- después de una prueba hidrostática por secciones, no requieren pruebas hidrostáticas, pero deben inspeccionarse radio-- gráficamente al 100%.

Todas éstas interrupciones en la línea se ejecutan, co mo obras especiales.

### III.10 MEDICION DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA

Las mediciones que se hacen en una obra de este tipo, consisten del levantamiento topográfico original para fines de proyecto, para el trazo del eje de la tuberfa y los retra zos necesarios.

Después de la fase de soldadura se hace una medición -- longitudinal tensando la cinta sobre y paralelamente al lomo de la tuberfa, con el fin de localizar y controlar soldadu-- ras y finalmente una medición longitudinal descansando la -- cinta tirante, sobre la superficie del terreno exactamente -- arriba de la tuberfa.

Deberá utilizarse cinta de acero marcada en metros decímetros y centímetros, debiendo aproximar las mediciones -- hasta los milímetros.

Se llevará un registro del kilometraje corrido que con tenga el kilometraje de los límites de las obras especiales o interrupciones de la tubería, indicando además el tipo de obra especial de que se trate y su longitud asignada. El re porte de obra especial, deberá dar las longitudes exactas, - horizontal, sobre el lomo de la tubería y sobre la tubería - enterrada, del tramo que le corresponda.

Finalmente, sobre un plano que contenga los datos topográficos del trazo y niveles, deberán ser registrados los da tos de las longitudes de la tubería antes explicadas, así co mo las igualdades periódicas en los puntos más importantes - del desarrollo de la línea.

### III.11 RESTAURACION Y LIMPIEZA DEL DERECHO DE VIA

Todo material de relleno debe ser devuelto a la zanja, de manera que después del asentamiento, la superficie del te rreno no tenga depresiones y salientes en el área de la zanja, o el montón de tierra lateral interfiera con cualquier tráfico eventual o normal en el lugar.

Todos los rellenos deben ser coronados con una altura no menos de 20 cm. y no más de 25 cm. arriba de la superficie adyacente del terreno del derecho de vía, excepto a través de terrenos de labranza, donde debe compactarse el relle no, sin dejar bordo.

Los diques, terrazas, drenajes o canales que fueron -- desviados o cortados durante la construcción, quedaron sujetos a derrumbes, por lo cual se deben reponer con sacos de arena o apisonados, dando la densidad necesaria para contener la presión del agua y la resistencia a la erosión.

En campos de cultivo, las rocas grandes o cantos rodados provenientes de la zanja que se encuentren a un lado sobre el terreno, interferirán con las operaciones de labranza. Esas piedras deben ser removidas.

En terrenos irrigables un bordo puesto sobre la zanja para permitir el asentamiento, interferirá la distribución del agua a lo largo de la pendiente de los surcos. Deberá hacerse una compactación del relleno mediante apisonados o inundando el terreno. Si la tierra se ara con más regularidad por el cultivo, el bordo puede quedarse y dicho arado lo extenderá.

Un bordo alto sobre la zanja puede desviar drenajes de superficie originándose canales, debiéndose prever que esto no suceda con la zanja donde se encuentra la tubería.

La demora de la operación de relleno en una excesiva longitud de la zanja abierta es causante de interferencia en las actividades agrícolas en el terreno o bien representa un peligro para personas, para animales y maquinaria agrícola. Debe evitarse.

Donde la operación de relleno exponga edificios u otras estructuras con posible daño por el equipo mecánico, el relleno debe hacerse a mano.

En ocasiones, por una razón u otra, tal como la erosión durante el periodo de construcción, el material que se aprovecha es suficiente para llenar la zanja satisfactoriamente. Cuando se haga un préstamo de tierra para completar la operación, debe tomarse la autorización del propietario o del inquilino del terreno.

Donde la tubería es atravesada por una tubería de drenaje subterránea, está deberá ser protegida durante la construcción y cuidadosamente restaurada al finalizar la obra.

Cualquier bordo que cruce un camino es peligroso al -- tráfico. Para reducir posibles accidentes en el cruce deberá rellenarse la zona durante la construcción de la línea, - apizonando por capas y poniendo una capa final de grava, de 12" de espesor.

Materiales de la construcción, leña, terrones u otras concentraciones de materia orgánica que forman compuestos -- ácidos por putrefacción, deben ser removidos, incluso como - protección de las piezas de acero de los equipos expuestos.

En las laderas un sumidero en la zanja deberá taparse cuidadosamente porque puede provocarse la formación de un ca nal de drenaje al salir el agua, erosionando el material de relleno, y con daños al revestimiento por la propia corriente.

Ocasionalmente los propietarios del terreno requieren alguna consideración especial que afecta el relleno, como -- compensación por el derecho de vía cedido, a esto debe darse una solución que en el futuro no dañe la tubería.

Debe tenerse en cuenta la jurisdicción del gobierno en corrientes navegables o eventuales encauzadas, canales, etc. deben venir escritas en el proyecto las precauciones que deben tomarse durante la construcción.

El término limpieza final se refiere a los procesos de restauración de los terrenos atravesados por la tubería, los cuales deben dejar hasta donde es posible, las condiciones - de forma anterior a la ejecución de la obra, trátase de terrenos particulares o de cruces de obras públicas, como las vías de comunicación. Es necesario que la faja de terreno o amplitud del derecho de vía para operaciones y mantenimiento se deja en condiciones de estabilidad permanente en su superficie.

Después de relleno de la zanja, deberá despejarse el derecho de vía y otras áreas circundantes, si es el caso, y deberá disponerse de todos los materiales de desperdicio, escombros y desechos resultantes. Deberá emparejarse el terreno llenando hoyos, surcos y reparado cualquier daño hecho, y deberá restaurarse el terreno para una condición estable y de uso y pueda razonablemente tomar la consistencia que tenía el terreno anterior a la construcción.

Deberán hacerse reparaciones duraderas de las bardas, y otros cercados a través de los cuales se han tenido puertas temporales u otros medios de paso. Deberán usarse nuevos y buenos materiales en las reparaciones. Las estructuras deberán colocarse en condiciones buenas o mejores a las que había antes de la construcción. Todas las reparaciones deben ser a satisfacción de los propietarios o inquilinos. Se deberán remover todos los medios temporales de acceso al derecho de vía, excepto aquellos que el proyecto señale para usos de mantenimiento o para uso del propietario del terreno, según su conveniencia. Se deben reparar y restaurar las condiciones originales de todos los derechos de vía públicos en los puntos donde ellos fueron intersectados por el derecho de vía.

Deberán atenderse las demandas por daños que puedan resultar en la construcción de la tubería y en su caso deberán hacerse las reparaciones o restauraciones que deben satisfacer a el o a los propietarios. Deberá establecerse una conducta de trato con propietarios y autoridades para ejercer los permisos con ellos obtenidos.

Deberán removerse con apremio todos los materiales incluyendo tubos, a lo largo del derecho de vía o en el término de la línea, dejando durante los trabajos de construcción; también se recogerá todo el equipo, herramientas y artefactos que se usaron en el desarrollo del trabajo.

Todas las operaciones precedentes de limpieza sobre el derecho de vía y contiguas y las señales de cruce deben ser completados tan cerca como sea posible atrás de la base de relleno de la zanja de modo que el derecho de vía sufra las interrupciones debidas a la construcción, el menor tiempo posible.

### III.12 OBRAS ESPECIALES

Cuando haya una interrupción en la secuencia de la soldadura a lo largo de la línea regular y la reanudación en un punto avanzado que pueda originarse por obstáculos que impidan el paso normal del tren de soldadura y el de esmaltado, debe considerarse el tramo salvado como una obra especial, siempre que para lograr la continuidad de la tubería se requieran cuadrillas, equipos y sistemas de trabajo diferentes de los que se usan en la línea regular.

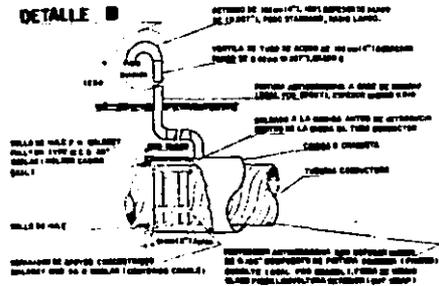
Las obras especiales, más importantes son:

Estaciones de bombeo o de compresión en caso de gasoductos, trampas de diablos, válvulas de seccionamiento, cruzamiento de corrientes fluviales, lagunas, esteros, pantanos, canales, presas; acueductos, oleoductos; cruce de vías de comunicación de ferrocarriles y caminos y cruces de barrancas o cualquier otro tipo de obstáculo que interrumpa la construcción de la línea regular.

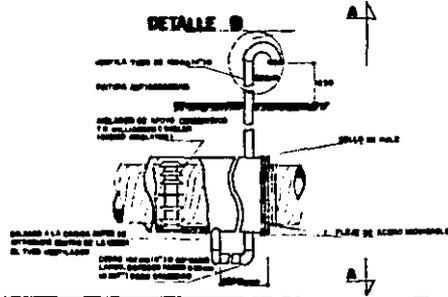
Estas obras especiales, se deberán ejecutar de acuerdo a los planos y especificaciones del proyecto, con el equipo, personal y materiales necesarios para la construcción de las obras especiales antes mencionadas, siguiendo las diferentes fases de construcción como el trazo, excavación de zanja, soldadura, recubrimiento anticorrosivo, bajado y tapado de zanja.



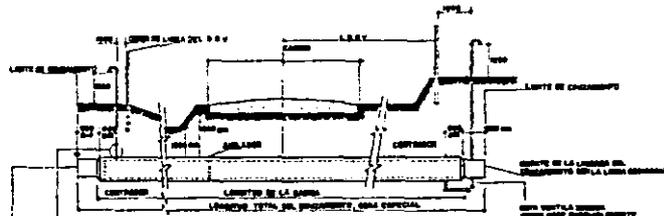
**DETALLE D**



**DETALLE E**



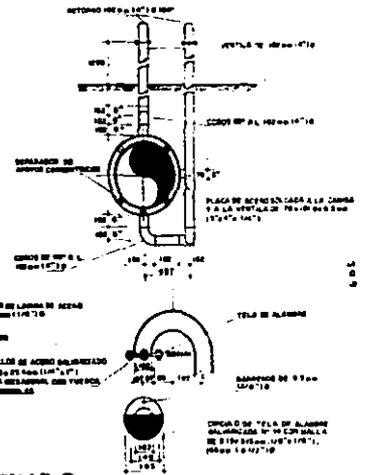
**VISTA LONGITUDINAL**



**SECCION SEGUN EL EJE DE TUBERIA**



**CORTE A-A**



**DETALLE D**



**TESIS PROFESIONAL**  
 INGENIERIA CIVIL  
 ALDO WALTER SCHOTTE DECHA

**CRUZAMIENTO TIPO CAMINO**  
 ESCALA 1:250  
 TITULO  
 FECHA 10 MARZO 1988  
 HOJA 1 DE 1

Los cruzamientos de corrientes fluviales, pantanos -- etc., se ejecutarán colocando tramos de tubería lastrada o - sea, tubos con revestimiento de concreto para lastre exterior y lograr un coeficiente de flotación negativo.

Los cruces de vías de ferrocarril y carreteras se ejecutarán con un tuneado e incado de camisa con máquina perforadora, para después colocar la línea conductora dentro de la camisa (tubo de mayor diámetro que sirve de protección a la tubería en el cruce).

### III.13 OBRAS AUXILIARES

Las obras auxiliares de la línea regular son las siguientes.

Centros de distribución de los materiales de construcción.

Plantas de recubrimiento anticorrosivo.

Patios de soldadura de tubos.

Caminos de acceso, construcción y mantenimiento.

#### CENTROS DE DISTRIBUCION DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION:

El transporte de los materiales a centros de distribución, se hace por medio de las vías generales de comunicación, sujetas a tarifas de costos establecidos.

Los materiales son cargados y transportados sin dañar los por ningún motivo ya sea de manejo, vibraciones, intemperie, etc. y descargados en los centros de distribución, con la misma condición hasta su almacenaje.

Una fuente de abastecimiento, se le llama a una fábrica, un lugar de venta o una concentración de materiales. Un



LANZAMIENTO DE TUBERIA LASTRADA



centro de distribución de materiales, es un lugar o varios - lugares, establecidos para concentrar los materiales que se usarán en la obra, y tendrá una localización accesible a los sistemas públicos de transporte a una distancia media y comunicada con un tramo de la línea.

En los centros de distribución, se inspeccionan los - materiales según especificaciones de fabricación y de proyecto, determinando daños ocasionados en el manejo, transporte y almacenamiento, rechazando aquellos que estén fuera de las normas específicas.

Para el cálculo de costos, se determina el límite de las actividades de transporte de material, desde las fuentes de abastecimiento a los centros de distribución, y a la iniciación de las actividades de los centros de abastecimiento a los centros de distribución, y además la iniciación de las actividades de los centros de distribución y la fase de distribución de materiales en la obra, los cuales se reciben -- con su documentación administrativa y técnica. Un centro de distribución lleva a cabo la recepción, la distribución y el manejo interno sin alterar los calendarios de obra, sin da--ñar los materiales y ejecutar las maniobras evitando accidentes.

Los materiales que se reciban en la obra deben estar dentro de las especificaciones siguientes:

T U B O S :

ASTM (American Society For Testing And Materials)

- A 53 - Especificaciones estándar para tubos de acero soldados, con costura y tubos sin costura.
- A 106 - Especificaciones estándar para tubos de acero al -- carbono, sin costura, para alta temperatura.
- A 134 - Especificaciones estándar para tubo de placas de --

acero, soldado por fusión de arco eléctrico.  
Tamaños 16 pulgadas y mayores.

- A 135 - Especificaciones estándar para tubo de acero, con -  
costura, soldado por fusión de arco eléctrico.  
Tamaños 4 pulgadas y mayores.  
Y otras más como la A 155, A 381, A 524 y A 530.

API (American Petroleum Institute)

- 5 L - Especificaciones para tubería de línea.  
5 LS - Especificaciones para tubería de acero, de línea, -  
soldadura en espiral.  
5 LX - Especificaciones para tubería de línea, de alta --  
prueba.  
5 LU - Especificaciones para tubería de línea de ultra al-  
ta prueba, tratado con calor.

Los materiales peligrosos como explosivos, combusti--  
bles o cualquier otro que se use, deben guardarse en almace--  
nes especiales, protegiéndolos de la humedad y altas tempera--  
turas.

#### PLANTAS DE RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO

El recubrimiento de tuberías en patio es una opera---  
ción que permite disponer de tubería recubierta en un lugar  
determinado, para ser transportada a los lugares donde se re-  
quiera, sin tener que montar todo el sistema de aplicación -  
en cada trabajo. Este sistema es ampliamente usado en tube-  
rías de diámetros pequeños. El recubrimiento en planta se -  
considera y maneja como un trabajo delicado, utilizando equi-  
po y personal especializado. Este tipo de trabajo es muy im-  
portante, ya que su efectividad dependerá en gran parte el -  
buen funcionamiento y larga vida de las tuberías subterrã---  
neas.

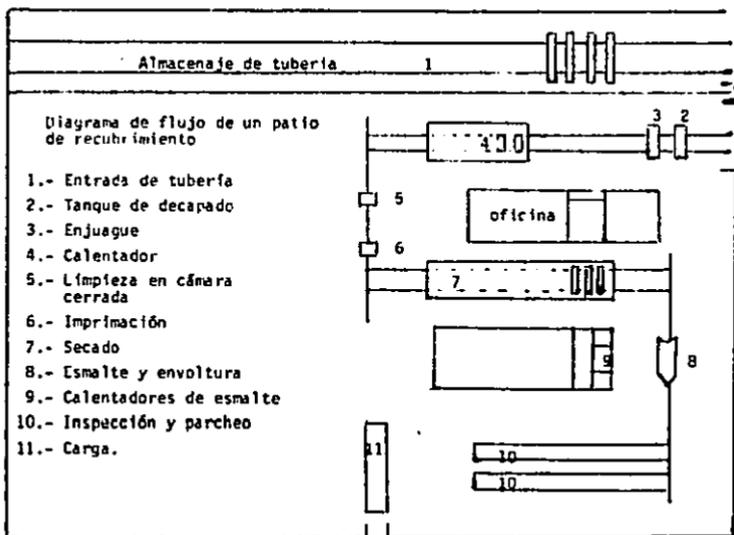
Es totalmente antieconómico tratar de economizar en el recubrimiento haciendo aplicaciones defectuosas si se toma en cuenta que la tubería se instala para que proporcione un servicio eficiente y libre de mantenimiento por muchos años, de manera que, la pequeña inversión adicional necesaria para asegurar un buen recubrimiento es fácilmente amortizable durante la prolongada vida de la tubería.

La instalación típica para el recubrimiento en patio o planta consta de las siguientes secciones o departamentos: Espacio para el almacenamiento de tubería. Edificios, lugares semicubiertos o área descubierta apropiados para la aplicación del recubrimiento. Sistema de calentamiento de la tubería desnuda (cuando la tubería está húmeda). Sección de limpieza e imprimación. Área u horno para secamiento del primario. Sección de esmaltado y aplicación simultánea de envolturas. Sección de inspección y parcheo. Secciones de carga y descarga de tubería.

El siguiente diagrama ilustra de una manera general el proceso de recubrimiento de tubería en una instalación típica.

**LIMPIEZA DE LA TUBERÍA:** Los esmaltes mostrarán una buena adhesión cuando la superficie sobre la que se apliquen haya sido limpiada adecuadamente. La mejor adhesión se obtiene, por supuesto, con la mejor limpieza; a continuación se describen los métodos de limpieza por orden decreciente de efectividad.

Limpieza en cámara cerrada, utilizando chorro de grana de acero (Grit): Este tipo de limpieza proporciona una superficie perfectamente limpia y áspera para el anclaje mecánico del recubrimiento.



**Limpieza en cámara cerrada,** utilizando chorro de arena: Este tipo de limpieza proporciona una limpieza buena pero de menor anclaje mecánico que el procedimiento anterior.

**Limpieza mecánica:** En este sistema se utilizan cabezas rotatorias con herramientas de limpieza tales como raspquetas, cepillos de alambre y otros tipos de cortadores en distintas combinaciones, dependiendo de estos elementos la calidad de limpieza en la superficie del tubo.

**Limpieza manual:** Se utiliza cuando es imposible usar alguno de los métodos antes descritos. La calidad de la limpieza manual depende de la prelimpieza que se realice para eliminar los depósitos de aceite o grasa utilizando solventes, y del tiempo que se emplee en el raspado de la superfi-

cie con cepillos de alambre.

**Limpieza con flama:** Se utiliza una flama de gas para quemar los depósitos de pintura, aceite o grasa, seguido por una limpieza manual con cepillo de alambre.

#### Materiales de recubrimiento y métodos de aplicación.

Para el recubrimiento de tuberfa en patio o planta se puede utilizar el esmalte de tipo semiplastificado P 225 en conjunto con Primario y envolturas de fibra de vidrio. Los métodos de aplicación del recubrimiento, inspección y parcheo son básicamente los mismos que se describen en el capítulo V.

El espesor mínimo de esmalte, recomendado es de 3/32".

La tuberfa recubierta deberá ser manejada de tal manera que no se ocasionen daños al recubrimiento. No permitiéndose que sea descargada de plataformas, rodándola por rampas, de tal manera que los tubos choquen unos con otros o que caigan sobre terreno no parejo o rocoso. Para este objeto se deberán utilizar camiones plumas que manejen la tuberfa pieza por pieza, depositándola sobre superficies que no ocasionen daño al recubrimiento. Para su manejo deberán utilizarse -- bandas de hule, polines anchos y acolchonados. No se permite el uso de cables de acero desnudos, cadenas, ganchos, barras metálicas, etc.

El costo del recubrimiento se determina por varios -- conceptos a partir de la descarga de los transportes, y después el almacenamiento de tubos desnudos, el recubrimiento, el almacenamiento de tubos recubiertos, la carga y la entrega a la obra en un punto fijo. El costo de cada movimiento -- se incluirán el de las instalaciones, equipo, personal, materiales y los costos de la planta, operación, gastos administrativos y lo relativo a caminos de acceso a la planta, com-

plementado con el recubrimiento de las juntas en la línea.

Por último se deberá practicar una inspección de optimización del recubrimiento en la obra, pasando la prueba dieléctrica o sea el detectado de fallas, parchándose los lugares donde se localicen éstas, para después proceder a bajar la tubería a la zanja hecha previamente y tapar la tubería.

#### PATIOS DE SOLDADURA DE TUBOS

En los patios de soldadura, su localización más conveniente será cercana a la obra; la estructura para el soldado será fija; no debiéndose dañar los tubos durante el proceso y almacenamiento; la planta, por construcción y por su operación y mantenimiento, será utilizable durante el tiempo de obra previsto; así como sus caminos de acceso. Su desmantelamiento no debe dejar vestigios de materiales ni desperdicios.

El soldado se efectuará de acuerdo con los procedimientos de ejecución y prueba vistos en "Alineado y Soldado". Si se usa soldadura de rolado, la estructura permitirá que los tubos giren pero no deberá registrarse movimiento entre uno y otro tubo.

Los costos de unión de dos tubos se determinará con los conceptos que intervienen como la instalación de la planta, el manejo y los transportes. El costo de construcción de la línea estará afectada por el costo de la unión en patio y finalmente se determinará el costo por kilómetro de soldadura en línea regular.

#### CAMINOS DE ACCESO. CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO

Los caminos de acceso a los centros de distribución a las obras especiales y a las desviaciones obligadas del der

cho de vfa deberán construirse según proyecto, con equipo -- adecuado para el derecho de vfa, ejecutándose con anticipa-- ción prevista a los trabajos de lfnea. Estos caminos son -- provisionales y deberán mantenerse en condiciones de tránsito durante el tiempo que dure la construcción de la obra.

Se determina la longitud total de caminos de acceso y el costo de construcción y mantenimiento, por kilómetro; dicho costo afectará al costo por kilómetro de la lfnea, con un valor promedio o bien conservándolo por separado, como el costo de una obra auxiliar de la lfnea.

C A P I T U L O    I V  
INSPECCION    RADIOGRAFICA

IV.1 INSPECCION Y PRUEBA DE SOLDADURAS DE PRODUCCION.

Para garantizar que la calidad de los trabajos efectuados durante la fase de soldado en la construcción de un sistema para transporte de hidrocarburos por tubería se -- apeguen a las normas y especificaciones marcadas por la industria petrolera, se inspeccionaran las soldaduras de producción que la supervisión determine. Pudiendo realizarse esta inspección por medios destructivos ó no destructivos.

METODOS DE LA INSPECCION:

La prueba no destructiva puede consistir de una inspección radiográfica u otro método. Los métodos usados deben indicar los defectos, que son interpretados con exactitud y evaluados. Las soldaduras deben ser evaluadas sobre bases de los "Estándares de Aceptabilidad en Pruebas no -- Destructivas" que se describen más adelante.

En las pruebas destructivas se cortará la jointadura completa, el seccionamiento de ella en especímenes que deben ser preparados y cumplir con los requisitos de calificación de soldadores por pruebas destructivas. Los soldadores que hagan soldaduras que por sus fallas no cumplan con los requisitos, pueden ser descalificados para seguir efectuando más trabajo.

Los operadores encargados de los equipos de inspección pueden ser llamados para demostrar; la capacidad del procedimiento, la detección de defectos inadmisibles y la habilidad del operador para interpretar apropiadamente las indicaciones dadas por dichos equipos.

**ESTANDARES DE ACEPTABILIDAD POR PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS**

Los estandares de aceptabilidad son aplicables a la de terminación del tamaño y tipo de defectos localizados por el método radiográfico y por otros métodos de prueba no destructivos. Se pueden aplicar para inspección visual pero no para determinar la calidad de soldaduras, la cual se logra sometiendo la soldadura a pruebas destructivas.

**JUSTIFICACIONES DEL RECHAZO:**

Como los métodos de prueba no destructiva nos proporcionan dos resultados dimensionales, aplicando otro procedimiento es posible rechazar soldaduras que parecen cumplir los estándares de aceptabilidad, cuando se descubre que la profundidad del defecto es en detrimento de la resistencia a la soldadura.

**FALTA DE PENETRACION Y FUSION INCOMPLETA:**

La falta de penetración se define como el llenado incompleto de la ranura de soldado con el metal que ha sido fundido al soldar. La fusión incompleta se define como la falta de derretimiento del metal base y del metal de relleno juntos, o sea la coalescencia entre metales.

**FALTA DE PENETRACION EN LA SOLDADURA DE RAIZ.** En la penetración inadecuada sin existir desalineamiento se define como llenado incompleto en la soldadura de raiz. Cualquier defecto individual debido a penetración inadecuada sin desalineamiento no debe ser mayor de 1 pulgada en extensión. La longitud sumada de estos defectos en cualquier tramo de 12 pulg. de soldadura no debe exceder de 1 pulg. Los defectos individuales deberán ser separados por cuando menos 6 pulg. de soldadura sana. Si la soldadura es menor de 12 pulg. de longitud, entonces la longitud total de tales defectos no deberá exceder de 8% de longitud de la soldadura.

Cuando hay desalineamiento longitudinal de las paredes

de tubos o accesorios por soldar, la soldadura debe llenar totalmente las caras de la ranura y de la raíz de la junta. Cuando un canto de la raíz está expuesto, su longitud no excederá de 2 pulg. de defecto individual o 3 pulg. en cualquier longitud de 12 pulg. de soldadura.

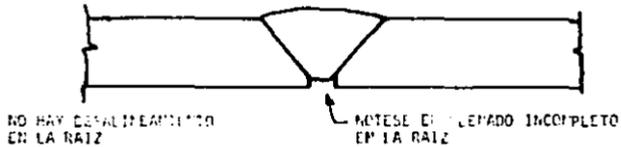
**CONCAVIDAD INTERNA.** Es una penetración inadecuada, o sea un cordón apropiadamente fundido en todo el espesor de pared del tubo a lo largo de ambos lados del bisel, pero el centro del cordón está a veces abajo de la superficie interior del tubo; es definida como la distancia perpendicular entre una extensión de la superficie de la pared del tubo y el punto más bajo de la superficie del cordón de soldadura, ésta concavidad no debe ser mayor de las dimensiones permitidas en Áreas Quemadas como se verá después.

La concavidad interna está asociada con un depósito -- continuo de cordones de soldadura y difiere de las áreas quemadas en que, en éstas, la soldadura está depositada intermitentemente. Cualquier longitud de concavidad interna no debe exceder en la imagen de la radiografía, a la densidad del metal base adyacente; en caso contrario se limitará a las dimensiones permitidas en áreas quemadas.

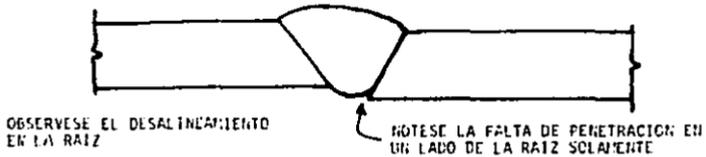
**FALTA DE FUSION.** La fusión incompleta en la raíz de la junta o en la parte superior de la misma, entre la soldadura y el metal base, no debe exceder de 1 pulg. de longitud. La longitud total de este defecto en 12 pulg. de longitud de soldadura no debe exceder de 1 pulg., y si la soldadura es menor de 12 pulg., el defecto no excederá de 8% de la longitud.

**FALTA DE FUSION DEBIDO A TRASLAPE EN FRIO.** Es una discontinuidad entre dos cordones de soldadura o bien entre un cordón y el metal base; está definida como una discontinuidad subsuperficial; no debe exceder de 2 pulg. de longitud; en un tramo de 12 pulg. de soldadura, la suma de estas dis-

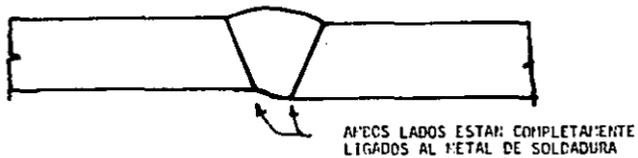
PUEDEN HACER FALTA DE PENETRACION  
EN UNO O EN AMBOS BISELES EN LA  
SUPERFICIE INTERNA



FALTA DE PENETRACION



CONDICION DE DESALINEAMIENTO



CONDICION DE DESALINEAMIENTO



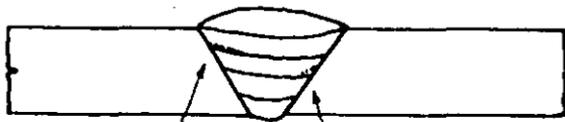
EL CORDON DE FONDEC ESTA FUSIONADO EN AMBAS SUPERFICIES INTERNAS, PERO EL CENTRO DE LA RAIZ PASA LIGERAMENTE ABAJO DE LA SUPERFICIE INTERIOR DEL TUBO.

FALTA DE PENETRACION: DEBIDA A CONCAVIDAD INTERNA



NOTESE LA AUSENCIA DE UNION (ADHERENCIA) Y LA DISCONTINUIDAD EN LA SUPERFICIE ADYACENTE

FALTA DE FUSION EN LA RAIZ O EN LA PARTE SUPERIOR DE LA UNION



CIERRE O TRASLAPE FRIO ENTRE CORDONES ADYACENTES

CIERRE FRIO ENTRE EL CORDON DE SOLDADURA Y EL METAL BASE

FALTA DE FUSION DEBIDA A CIERRE FRIO ( COLD LAP )

continuidades no será mayor de 2 pulg.

#### AREAS QUEMADAS:

Una quemadura en el cordón de la raíz es una pérdida de metal en el lado opuesto del soldado debido a una excesiva penetración por el aumento de corriente.

Soldaduras en tubos de 2, 3/8 pulg. de diámetro exterior y mayores. Cualquier quemadura no reparada, no debe exceder de 1/4 pulg. o del espesor de la placa, el valor menor, en cualquiera de sus dimensiones.

La suma de las dimensiones máximas de las quemaduras no reparadas en cualquier tramo de 12 pulg. de longitud de soldadura, no deberá exceder de 1/2 pulg. Los defectos individuales deben estar separados por cuando menos 6 pulgadas de metal sano. Las radiografías de quemaduras reparadas deberán mostrar que éstas han sido correctamente reparadas, si la densidad de la imagen de la radiografía en el área quemada no excede a la del metal base adyacente.

Soldaduras en tubos menores de 2,3/8 pulg. de diámetro exterior. No se acepta más de una quemada sin reparar y esta no debe exceder de 1/4 de pulg. o al espesor de la pared del tubo, el valor que sea menor, medida en cualquiera de sus dimensiones. Las radiografías de quemaduras reparadas deberán mostrar que éstas han sido reparadas en forma apropiada, si la densidad de la imagen de la radiografía en el área quemada no excede a la del metal base adyacente.

#### INCLUSIONES DE ESCORIA:

Una inclusión de escoria es un sólido no metálico atrapado en el metal de la soldadura, o entre el metal de la soldadura y el metal del tubo. Las inclusiones de escoria alargadas (líneas de escoria continuas, líneas de escoria interrumpidas, doble línea de escoria) generalmente se encuentran en la zona de fusión. Las inclusiones de escoria aisladas

das tienen forma irregular y pueden ser localizadas en cualquier lugar en la soldadura.

**LINEAS DE INCLUSIONES DE ESCORIA.** Para tubos de 2,3/8 pulg. de diámetro exterior y mayores: Ninguna inclusión de escoria extendida debe exceder 2 pulg. de longitud o 1/16 -- pulg. de ancho. La longitud total de las líneas de escoria en cualquier longitud continua de 12 pulg. de soldadura, no debe exceder de 2 pulg. Las inclusiones adyacentes de escoria extendidas a lo largo, deben estar separadas por cuando menos 6 pulg. de metal de soldadura sana. Las líneas paralelas de escoria deben ser consideradas como defectos separados si el ancho de uno u otro de ellos excede de 1/32 pulg.

Para soldadura en tubos de menor diámetro exterior que 2,3/8; las líneas de escoria individuales no deben exceder de 1/16 pulg. de ancho, o tres veces al espesor nominal de la pared en longitud. Las líneas de escoria paralelas (doble línea de escoria) deben considerarse como defectos separados, si el ancho de uno de ellos excede de 1/32 pulg.

Inclusiones de escoria aisladas, en soldaduras de tubos de 2,3/8 pulg. de diámetro o mayores.

En soldadura de tubos el ancho máximo de cualquier inclusión de escoria aislada no debe exceder de 1/8 pulg. La longitud total de estas inclusiones de escoria en un tramo de 12 pulg. de soldadura, no debe exceder de 1/2 pulg. ni debe haber más de cuatro inclusiones de escoria aisladas de un ancho máximo de 1/8 pulg. de esa longitud. Inclusiones adyacentes de escoria deben estar separadas por 2 pulg. de metal sano.

Para soldaduras en tubos menores de 2,3/8 pulg. de diámetro exterior, el ancho máximo de cualquier inclusión aislada de escoria, no debe exceder de la mitad del espesor nominal de la pared, y la longitud total de tales inclusiones no

deberá exceder dos veces el espesor de la pared. Las inclusiones adyacentes (paralelas) deben estar separadas por cuanto menos 2 pulg. de metal sano.

#### POROSIDAD O BOLSAS DE GAS:

La porosidad o bolsas de gas son vacíos que ocurren en el metal de la soldadura.

**POROSIDAD ESFERICA.** La dimensión máxima de cualquier bolsa de gas esférica individual no debe exceder de 1/8 pulg. o el 25% del espesor de pared del tubo.

**POROSIDAD EN GRUPO.** Los grupos de poros, ocurren en el cordón final (cordón de vista) no excederán una área de 1/2 pulg. de diámetro máximo, y la dimensión máxima de un poro dentro del grupo será de 1/16 pulg. La longitud total de poros en grupo en cualquier longitud de soldadura continua - 1/2 pulg. no debe ser mayor de 1/2 pulg.

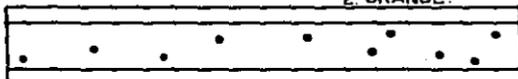
**POROSIDAD CILINDRICA.** O porosidad de gusano, es una discontinuidad alargada que resulta cuando el gas se eleva a través del metal de soldadura cuando esta se solidifica. La dimensión máxima de la imagen radiográfica asociada con la porosidad esférica, no debe exceder de 1/8 pulg. o del 25% del espesor de pared del tubo, el menor valor. La orientación de esta discontinuidad afectará sensiblemente la densidad de la imagen radiográfica, y debe considerarse si la dimensión que no aparece es en detrimento o no, de la resistencia de la soldadura, para que sea o no, rechazada la soldadura. Ver fig.

**PORO TUNEL (CORDON HUECO).** O cordón de poros, es una sucesión de poros comunicados, que ocurre en el paso de raíz. La máxima longitud de esta discontinuidad no debe exceder de 1/2 pulg. La longitud total de poros tunel en cualquier tramo de 12 pulg. de soldadura no debe exceder de 2 pulg. Una -

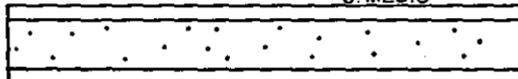
1. MEZCLADO



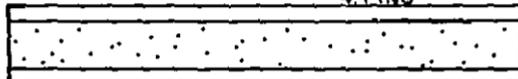
2. GRANDE.



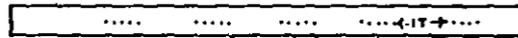
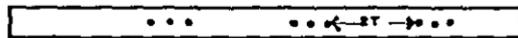
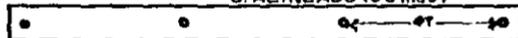
3. MEDIO



4. FINO



5. ALINEADO (3 o más)



ESPESOR DE PARED DE 1/2" (12.7mm) O MENORES

DISTRIBUCION MAXIMA DE BOLSAS DE GAS (POROS).

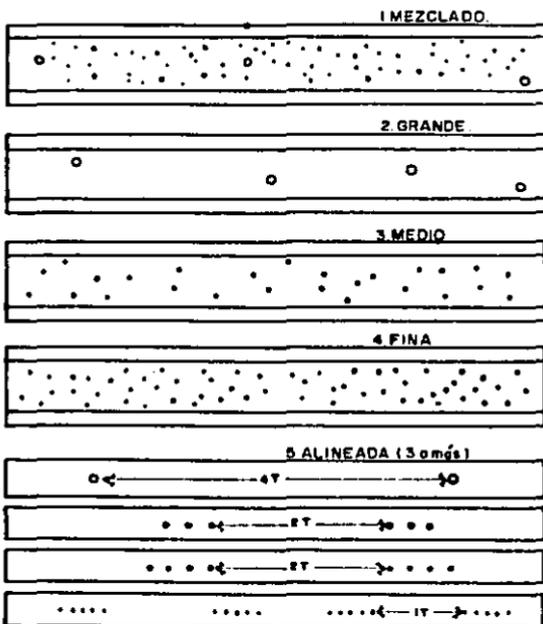


**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTER SCHOTTE OCHOA.

**POROSIDADES EN SOLDADURA**

DISEÑO	J.W.S.O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1968	ACOT. MTS



ESPESOR DE PARED MAYOR DE  $1/2"$  (12.7mm)  
DISTRIBUCION MAXIMA DE BOLSAS DE GAS (POROSIDADES)



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL.

JULIO WALTHER SCHOTTE OCHOA.

**POROSIDADES EN SOLDADURA**

ESTUDIO	J.M.S.O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1988	ACOT. NTS.

discontinuidad de poros tunel adyacentes las cuales excedan de 1/4 pulg. en su totalidad, deben estar separadas por un mínimo de 2 pulg. de metal sano.

**ROTURAS:** Las roturas de cráter o grietas de forma de estrella, que se localizan en el punto de terminación de los cordones de soldadura y que son el resultado de la contracción del metal de soldadura durante la solidificación. Se rechazarán totalmente las soldaduras con grietas.

#### ACUMULACION DE DISCONTINUIDADES:

Cualquier acumulación de discontinuidades que contengan una longitud de más de 2 pulg. en una soldadura de 12 pulg. de longitud o más de 8% de la longitud de la soldadura si es menor de 12 pulg. de largo, es inaceptable. Cualquier acumulación de discontinuidades cuyo total sea más de 8% de la longitud de la soldadura de una junta, es inaceptable.

#### SOCAVACION:

La socavación es una quemadura sobre la superficie exterior o interior del tubo, precisamente junto a las orillas de la soldadura, la cual tiene la forma de una pequeña canal originando la reducción del espesor de pared del tubo adyacente a la soldadura que se funde en la superficie del tubo. La socavación adyacente al cordón sobre la parte exterior del tubo no deberá tener la forma de V ni deberá exceder de 1/32 pulg. o 12.5% del espesor de pared del tubo, el valor más pequeño en profundidad. La socavación no excederá de 1/64 a 1/32 pulg. de profundidad o bien 6% al 12% del espesor de la pared del tubo, el mayor valor, en longitud de soldadura de 2 pulg. o bien 1/16 de la longitud de la soldadura, el menor valor. La socavación no debe exceder de 1/64 pulg. o bien 6% del espesor de pared del tubo, el mayor valor, prescindiendo de la longitud. Ver fig.

#### DEFECTOS DEL TUBO:

Las laminaciones, cuarteaduras, hendeduras u otros de-

fectos en los extremos de los tubos deben ser removidos o reparados debiendo quedar bajo especificaciones después de la reparación.

#### REPARACION O REMOCION DE DEFECTOS:

Los defectos, a excepción de roturas, en los cordones de fondeo y de relleno pueden ser reparadas. Los defectos, - excepto roturas, en el cordón de vista, también pueden ser reparados. Ninguna rotura debe repararse; en caso de presentarse una rotura debe eliminarse toda la junta cortando un - carrete. Todas las reparaciones deben cumplir los estándares de aceptabilidad descritos antes en "Pruebas no Destructivas". Antes de que la reparación sea hecha, los defectos dañosos - deben ser enteramente removidos hasta el metal limpio. Todas las escorias e incrustaciones deben ser removidos con cepillo de alambre.

#### TESTIGOS DE REPARACIONES:

Las áreas reparadas deben ser radiografiadas por el -- mismo medio previamente usado. Ninguna otra reparación debe ser permitida en ésta área. Está permitido reinspeccionar - todo de una soldadura que contiene reparaciones de la misma manera como está permitido inspeccionar cualquier soldadura de producción.

#### PROCEDIMIENTOS RADIOGRAFICOS:

##### PRODUCCION DE RADIOGRAFIAS USANDO RAYOS X O RAYOS GAMMA:

Un procedimiento detallado para la producción de radiografías debe ser establecido y calificado. Las radiografías producidas por el uso de tal procedimiento deberá tener suficiente densidad, claridad y contraste de manera que los efectos en la soldadura o en el tubo adyacente a la soldadura -- sean claramente discernibles.

Los radiografistas se deberán calificar por la demostración de su habilidad para producir y evaluar las radiogra

ffas de acuerdo con el procedimiento aprobado.

Los puntos siguientes deben tomarse en cuenta para evaluar radiografías.

Una calidad aceptable de la película, libre de irregularidades de velado y de procesamiento; densidad y contraste aprobados.

- Nivel de sensibilidad aprobado
- Sistema de identificación satisfactorio
- Técnica aceptable
- Compatibilidad con estándares reconocidos

Todos los requisitos se refieren a la calificación de las radiografías resultantes que deben ser aplicadas tanto en rayos X como en rayos Gamma.

#### REGISTROS:

##### PROCEDIMIENTO RADIOGRAFICO CALIFICADO:

Los detalles de cada procedimiento radiográfico deben ser registrados. Los registros deben incluir resultados completos de las pruebas y las radiografías del procedimiento calificado.

RELACION DE RADIOGRAFISTAS. Una relación de radiografistas calificados deberá quedar registrada y guardada. Esta relación debe incluir el procedimiento en el cual cada radiografista es calificado, el documento que lo acredita como radiografista, la calificación y los datos de calificación. - Una prueba de radiografía calificada con una copia del procedimiento calificado debe estar a disposición de la inspección como guía de la calidad de la producción de radiografías. Los radiografistas deben ser calificados cada 3 años para cualquier evento. Un radiografista puede ser llamado para recalificarlo si hay problemas por su habilidad, debido

a la iniciación de la construcción de una línea o el cambio de cédula de la tubería.

**PROCEDIMIENTO RADIOGRAFICO DETALLADO:**

El procedimiento radiográfico debe incluir lo siguiente:

Fuente de Radiación, Rayos X cobalto, cesio, iridio, - etc.

Tipo de equipo, interno o externo.

Protector al frente y/o atrás, con materiales como el plomo.

**TIPO DE FILTRO Y POSICION.** Máscara, diagrama, protector de plomo, etc., adyacentes a la fuente de radiaciones o espécimen.

**RELACION GEOMETRICA.** Tamaño del punto focal de la --- fuente, máxima y la mínima fuente de fuerza, distancia focal de la película, distancia focal del objetivo, ángulo de radiación respecto a la soldadura y a la película.

**LIMITE DE LA CUBIERTA POR LA PELICULA.** Cuando la fuente de radiaciones y la película están ambos sobre la parte - exterior de la soldadura y colocados diametralmente opuestos cada uno, la longitud deberá no exceder los valores de la tabla siguiente.

**TIPO DE PELICULA:** Forma y tipo de designación ASTM -- longitud y ancho. Alto contraste, grano relativamente fino con base de densidad H y D de 0.30 o menos.

**TIEMPO DE EXPOSICION:** Miliamperes minutos o milicurie minutos.

**PROCESO:** Temperatura ambiente para desarrollo, tiempo de baño enjuague, fijación, lavado, secado, etc.

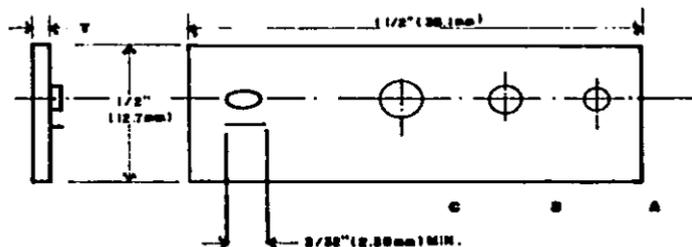
**ESPOSOR DE MATERIAL:** Clasificación de espesores para los cuales el procedimiento es apropiado.

**CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO:** Tres radiografías deben hacerse de una sola soldadura usando una fuente lateral y un penetrómetro de película lateral con cada penetrómetro -- identificado, así como su localización. Las radiografías deben ser hechas de soldadura en tubos del mismo diámetro y espesor de pared y material radiográficamente similar a los que se usen durante la producción. Los defectos notados por los radiografistas deben ser registrados sobre el mismo tipo de formas que se van a usar durante la producción. Tres copias de este reporte, junto con las copias de las pruebas radiográficas deben presentados. Deberá decidirse cuál procedimiento es el apropiado.

**PENETRAMETROS:**

Los penetrámetros deben ser hechos del mismo material radiográficamente que el material que se viene soldando. Sus espesores y números de identificación están mostrados en la tabla siguiente.

Los números de identificación deben ser hechos de plomo cuando menos de 3/32 pulg; de alto. Cada penetrámetro debe tener tres agujeros, uno de los cuales debe tener un diámetro igual al espesor del penetrámetro; el diámetro del segundo debe ser igual a dos veces el espesor del penetrámetro; el tercero debe ser cuatro veces el espesor del penetrámetro. Podrían ser usados también otros diámetros. Los detalles del penetrámetro se muestran en la siguiente figura. La imagen del número de identificación del contorno del penetrámetro y del agujero 2T deben aparecer claramente en la radiografía. Alternativamente, los penetrámetros conforme a los requisitos del ASTM E 142-59T para niveles 2-2T, pueden ser usados. Cuanas o tiras de relleno del mismo tipo de metal del tubo y -- equivalente en espesor a la soldadura armada, pueden ser colocados abajo del penetrámetro.



**NUMERO DE IDENTIFICACION**

**T = ESPESOR DEL PENETROMETRO**

**DIAMETRO A = 2T**

**DIAMETRO B = 1T**

**DIAMETRO C = 4T**

**NINGUN AGUJERO DEBE SER DE  $1/16"$  (1.59mm) EN Ø  
LOS AGUJEROS DEBEN SER CIRCULARES Y TALADRADOS  
PERPENDICULARMENTE A LA SUPERFICIE.**

**LOS AGUJEROS DEBEN ESTAR LIBRES DE REBABAS,  
PERO SUS CANTOS (ARISTAS) NO DEBEN ESTAR  
ACHAFLANADOS.**

**CADA PENETROMETRO DEBE TENER (MONTADO) SU  
NUMERO DE IDENTIFICACION (HECHO DE PLOMO).**

ESPEJOR SOLDADO PULGADAS	PENETRIMETRO ESP. EN PULG.	NUMERO DE IDENTIFICACION
Hasta 1/4 inclusive	0.005	5
Mayor de 1/4 hasta 3/8	0.0075	7
Mayor de 3/8 hasta 1/2	0.010	10
Mayor de 1/2 hasta 5/8	0.0125	12
Mayor de 5/8 hasta 3/4	0.015	15
Mayor de 3/4 hasta 7/8	0.0175	17
Mayor de 7/8 hasta 1	0.020	20
Mayor de 1 hasta 1 1/4	0.025	25
Mayor de 1 1/4 hasta 1 1/2	0.030	30
Mayor de 1 1/2 hasta 2	0.035	35

#### PRODUCCION DE RADIOGRAFIAS:

Solamente procedimientos calificados deben usarse para determinar la calidad del soldado durante la construcción. La calidad de la producción de radiografías debe ser substancialmente la misma que la calidad de la radiografía calificada. - Cuando una faja de soldadura es radiografiada en una simple exposición usando una fuente en el interior del tubo, cuatro penetrómetros colocados a cada 90° deben ser usados. Cuando una faja de soldadura es radiografiada usando un procedimiento de múltiple exposición un penetrómetro debe ser localizado dentro de 1 pulg. a cada extremo de los límites aplicables de lo que cubre la película. Los penetrómetros deben estar a la distancia de 1/4 pulg. de la soldadura que se viene radiografiando.

Los radiografistas deben reportar todos los efectos observados en las radiografías e indicar si la soldadura cumple los requisitos de los Estándares de Aceptabilidad de Pruebas no Destructivas.

#### IDENTIFICACION DE LAS PELICULAS:

Todas las películas deben ser claramente identificadas por los números de plomo, por las letras y/o por las marcas,

de modo que la propia soldadura y cualquier discontinuidad en ellas puede ser rápida y exactamente localizada. Siempre que más de una película sea usada para inspeccionar una soldadura, las marcas de identificación deben aparecer en cada película, y cada marca de referencia de la sección de la soldadura debe ser común a dos películas sucesivamente a fin de establecer - que ninguna parte de la soldadura ha sido omitida.

#### CALIFICACION DE RADIOGRAFISTAS:

Un radiografista debe considerarse calificado después de que ha demostrado con buen éxito sus conocimientos en radiografía y su habilidad para producir e interpretar radiografías de soldaduras. El radiografista deberá conocer los estándares de aceptabilidad de soldaduras y los factores básicos que son considerados en la producción de una radiografía incluyendo la relación geométrica entre las fuentes, película y soldadura; la razón para el uso de penetrómetros y de defensas. Deberá conocer el revelado, fijación, lavado y secado de películas tan bien como un cambio de solución usada en estas operaciones. Deberá entender la diferencia de artefactos de películas e indicaciones de defectos en soldadura. Deberá conocer las precauciones que se aplican durante el trabajo para él mismo, para sus ayudantes y para otros.

Los radiografistas de tuberías deben ser calificados - de acuerdo con los requisitos de "SNT" Recommended Practice - Document No. SNT-TC-1A, Supplement A-Radiographic Testing Method", con las modificaciones permisibles que siguen:

Para hacer la prueba de calificación como operador ayudante, los operarios serán sometidos a entrenamiento hasta -- completar 20 horas en radiografías de tuberías más un periodo de 20 horas antes de llegar a ser elegible para nivel I.

Para hacer la prueba de calificación como operador calificado, los operadores ayudantes Nivel I deben completar -- 1040 horas en dicho nivel más 36 horas como periodo de entre-

namiento antes de llegar a ser elegible para el nivel II.

#### ALMACENAMIENTO DE PELICULAS:

Todas las películas no expuestas deben ser almacenadas en un lugar limpio y seco donde las condiciones circundantes deberán no afectar en detrimento de la emulsión. Si hay cualquier duda respecto a las condiciones de película no expuesta, una cubierta en el frente y otra atrás de cada paquete y/o a lo largo de la película, igual a la circunferencia del rollo original, deberá ser procesado de manera normal sin exponerla a la luz o a la radiación. En este proceso, el velado de las películas, la caja o rollo entero de la cual la película para prueba fue removida, debe ser descartada a menos que con otras películas de prueba demuestre que quedan películas en la caja o rollos libres de pre-exposición de velado que exceda de 0.30 HD de densidad, para película de base transparente o bien de densidad reflejada para película base opaca.

#### DENSIDAD DE PELICULA:

La película debe ser expuesta de manera que el promedio HD densidad debe no ser mayor que 2.0 y esta densidad a través de la porción de mayor espesor del metal de la soldadura deberá no ser menor de 1.5.

#### PROCESAMIENTO DE PELICULA:

Las radiografías deben ser procesadas para permitir el almacenamiento de película sin decoloración por cuando menos -- tres años.

**CUARTO OSCURO:** El cuarto de procesamientos de película y todos los accesorios deben guardarse limpios en todo -- tiempo.

**PROTECCION DE LA RADIACION:** El radiografista debe ser responsable de proteger o instruir o amonestar a las personas que manipulen o se acerquen a una fuente de radiaciones.

## IV.2 REPARACION DE SOLDADURAS

Las soldaduras de producción que resulten rechazadas - por defectos, pueden ser reparadas de acuerdo con el tipo de falla y procedimiento especificado, y después nuevamente radiografiadas. Ver "Reparación o Remoción de Defectos".

**QUEMADURAS DE ARCO:** Las quemaduras de arco pueden causar serias concentraciones de esfuerzo en tuberías y deben -- evitarse o ser eliminadas. Las hendiduras causadas por quemaduras de arco deben ser removidas por amolado, procurando que el amolado no reduzca el espesor de pared remanente, en menor dimensión que la mínima permitida para el material. La remoción completa de la hendidura creada por la quemadura de arco, se determina como sigue:

Después de una evidencia visible de que la quemadura - ha sido removida por el amolado, limpiar el área de la ranura con una solución de 20% de persulfato de amonio. Una mancha ennegrecida es evidencia de que es necesario seguir amolando - la hendidura. Si el espesor de pared remanente después del amolado y de que la limpieza no produzca manchas negras, es - mejor que el permitido por la especificación del material, debe ser cortada una sección cilíndrica del tubo que contenga - la quemadura.

Está prohibida la inserción de parches.

## CAPITULO V PROTECCION ANTICORROSIVA Y PRUEBA HIDROSTATICA

## V.1. CORROSION

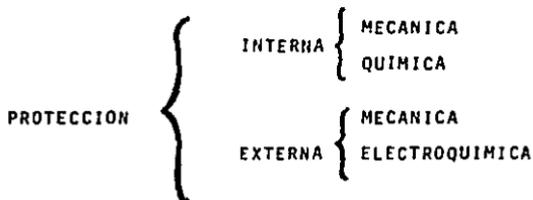
La corrosión es simplemente la vía que tiene la naturaleza para tratar de devolver los metales refinados a su estado primitivo. La herrumbre es una forma de óxido de hierro: de aquí que la corrosión sea un intento de la naturaleza para retornar el metal a su estado original.

La corrosión de los metales consiste en su deterioro progresivo, y la mayoría de las veces es provocada por la reacción electroquímica de estos con su medio ambiente.

Las pérdidas por corrosión alcanzan cifras sorprendentes en todos los países, y se estima que anualmente una cuarta parte de la producción mundial se pierde por este motivo.

## V.2 TIPOS DE PROTECCION

Para evitar al máximo los efectos destructivos de la corrosión en las líneas de conducción de hidrocarburos se emplean los siguientes tipos de protección, mismos que se describen más ampliamente en las siguientes páginas.



### V.3 CONTROL DE CORROSION

La protección contra la corrosión de las superficies - internas y externas de tubos ferrosos en tuberías nuevas de transporte de hidrocarburos debe venir especificado en el -- proyecto. La corrosión interior y exterior se debe controlar en condiciones compatibles con el sistema de tuberías y el medio en que éste sistema se encuentra. La aplicación -- práctica de algunos controles de corrosión requiere un crítico competente para lograr los objetivos trazados. El diseño, los procedimientos, la instalación y el mantenimiento de sistemas de protección catódica debe proyectarse y efectuarse bajo la dirección de personal calificado por sus conocimientos y experiencia en los métodos de control de corrosión. El personal de control de corrosión debe ser provisto de los equipos e instrumentos necesarios para el trabajo. Las cuadrillas e inspectores deben ser apropiadamente instruidos y provistos con el equipo necesario para cubrir e inspeccionar la tubería.

El control de corrosión debe ser interna y externa:

#### CONTROL DE CORROSION INTERNA:

Es reconocida la existencia de corrosión interna de tuberías en el transporte de crudos y productos de hidrocarburos, por lo que no debe iniciarse el transporte a menos que los efectos corrosivos del fluido hayan sido investigados y tomado medidas para evitar la corrosión interna. Es importante preservar la eficiencia de una línea por el control de la corrosión interna y proteger la calidad del fluido.

Para limitar en parte la corrosión interna, se pueden hacer frecuentes corridas de "diablos" o esferas, deshidratadores, usar inhibidores o proteger con una cubierta el interior de la tubería, en el transporte del petróleo crudo y -- gas licuado.

En el proyecto se especificará el tipo de protección o el complemento de ella, si la tubería es protegida fuera de la obra.

#### CONTROL DE CORROSION EXTERNA:

El control de corrosión externa de un sistema de tuberías enterrado o sumergido debe ser provisto para cada componente del sistema excepto cuando se demuestre que en el área no existe un medio corrosivo. Sin embargo deben hacerse nuevas inspecciones y mediciones cada 20 meses. Si hay indicios de condiciones corrosivas, la tubería debe protegerse catódicamente.

El control de corrosión incluye, estaciones de bombas, patios de tanques, terminales, tramos modificados, reemplazos o cualquier otro cambio en el sistema. En sistemas de tuberías a corta distancia de la costa debe darse especial atención al control externo de la corrosión y en tuberías en zonas cenagosas.

Los diferentes sistemas de control de corrosión externas que se pueden aplicar son los siguientes:

- \* Cubiertas metálicas a base de aluminio u óxido de aluminio aplicado en espesores de 200 micrones a 2,000°C.
- \* Cubiertas por incrustación (a 680°F) de polietileno.
- \* Resinas epóxicas
- \* Cubiertas a base de polietileno estirado a presión.
- \* Cubiertas a base de cintas plásticas.
- \* Cubiertas de alquitrán y de asfaltos.
- \* Sistemas de protección catódica.

#### CUBIERTAS PROTECTORAS:

Las cubiertas exteriores a base de alquitrán de hulla, son las más usuales para tuberías enterradas. Para tuberías expuestas a la atmósfera se utilizan pinturas anticorrosivas o cubiertas metálicas.

Las cubiertas protectoras usadas en tuberías enterradas o sumergidas deben tener las características siguientes:

- Mitigar la corrosión.
- Tener adhesión suficiente a la superficie de metal para resistir con efectividad la migración de humedad bajo la cubierta.
- Tener ductibilidad suficiente para resistir agrietamientos.
- Tener resistencia suficiente para soportar los daños debido al manejo y a los esfuerzos en el terreno.
- Tener propiedades compatibles con cualquier protección catódica suplementaria.

#### SISTEMA DE PROTECCION CATODICA:

El sistema de protección catódica de ánodo de sacrificio o ánodo de corriente impresa debe ser instalado para proteger la tubería de la corrosión y poder aplicar un método de determinación del grado de protección catódica en sistemas de tuberías enterradas o sumergidas.

El sistema de protección catódica debe instalarse preferentemente durante la construcción y no después de un año de construída la tubería. No debe dañarse el revestimiento de la tubería en la instalación o mantenimiento.

#### ASLAMIENTO ELECTRICO:

Los sistemas de tuberías enterradas o sumergidas deben ser eléctricamente aislados; pueden construirse un sistema aislado o estar intercomunicados eléctricamente con otros y protegidos catódicamente como una sola unidad. Una junta aislante debe instalarse en los límites de una sección en el sistema, con el fin de hacer una protección independiente aislando eléctricamente las tuberías de las estaciones de bombas, tanques de almacenamiento o instalaciones similares. La junta aislante no debe instalarse cuando se pueda presentar un combustible en la atmósfera, a menos que se tomen las

precauciones para evitar el arco. El proyecto debe contener la localización de las juntas aislantes y las precauciones - si son necesarias.

Deberán hacerse pruebas para localizar contactos involuntarios con estructuras metálicas enterradas y corregir esa anomalía. Cuando dos secciones de tubería están separadas, debe instalarse provisionalmente un conductor eléctrico de suficiente capacidad de corriente para conectar las partes separadas y conservarlo durante el periodo de separación.

Conductores para prueba a postes de amojonamiento y registro: A los sistemas de tuberías enterradas o sumergidas, con revestimiento, deben instalarseles suficientes conductores para prueba, a fin de tomar mediciones eléctricas indicativas del funcionamiento del sistema de la protección catódica. Esto es impráctico en sistemas situados en el agua a -- corta distancia de la costa o en áreas con agua o pantanos.

Los conductores para prueba deben ser instalados de la siguiente manera:

La manera de instalar los conductores para prueba, usados como testigos de control de corrosión, se debe unir al tubo, sin causarle esfuerzos ni provocar roturas en la superficie. Los cables se unen directamente al tubo con soldadura de baja temperatura usando polvo de aluminio y óxido de cobre y limitando la carga a cartuchos de 15 gramos, o bien el uso de soldadura blanda u otro material que no implique excesos de temperatura mayores que los de la soldadura blanda. Procurando que el cable no quede tirante y evitando que se dañe o rompa, y deberá ser un conductor aislado. Los puntos de unión deben ser herméticos al paso del agua o lodo; - el cable, el tubo y componentes deben aislarse eléctricamente con un material compatible al aislante original del cable y al revestimiento del tubo.

INTERFERENCIAS ELECTRICAS. Si se usa un sistema de -- protección catódica tipo corriente impresa, los ánodos deben localizarse reduciendo al mínimo efectos adversos por estructuras metálicas enterradas.

Es reconocida la existencia de corrientes dispersas o parásitas que provocan corrosión externa; provienen de fuentes remotas, son independientes del sistema de tubería, predominan en áreas altamente industrializadas, regiones mineras, estaciones de generación de alta tensión de corrientes directa. Contra estas corrientes se deben usar uniones con semiconductores unidireccionales, juntas aislantes o incremento del sistema de protección catódica.

Los tubos o componentes que están expuestos a la atmósfera deben protegerse de la corrosión, con el uso de acero resistente a la corrosión, o por la aplicación de cubiertas o pinturas, a menos que se demuestre que la atmósfera de la zona donde se encuentren dichos tubos no es corrosiva. La cubierta o pintura se aplica en superficies limpias y apropiadas para proveer adecuada protección del medio.

Después de enunciar los diferentes sistemas de control de corrosión externa, el más importante para este trabajo, - se puede decir que son las cubiertas protectoras exteriores a base de alquitrán de hulla, por ser las más usuales en tuberías enterradas o sumergidas. Veamos entonces en que consiste este sistema.

#### RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE ALQUITRAN DE HULLA:

GENERALIDADES: Los materiales deben ser de calidad especificada, el trabajo debe ser hecho cuidadosamente y bien acabado. La operación de impresión del tubo, el calentamiento y aplicación del esmalte de alquitrán de hulla y los forros impregnados de la misma substancia deben ser aplicados

y bajo la supervisión de personas experimentadas, con habilidad y práctica en la aplicación del esmalte de alquitrán de hulla.

El equipo utilizado para la limpieza de la superficie del tubo, ya sea en línea o en planta de revestimiento, para la aplicación de la pintura primaria, para el esmaltado y para las envolturas, debe ser de tal diseño y manufactura y -- que se encuentre en tales condiciones, que permita la utilización de los materiales, la aplicación de los procedimientos establecidos y la obtención de buenos resultados.

#### APLICACION EN CALIENTE DEL ALQUITRAN DE HULLA.

El recubrimiento exterior de los tubos o la tubería, - una cubierta de pintura primaria es seguida por la cubierta de esmalte de alquitrán de hulla a la cual debe ser vinculada una capa simple de tela de fieltro y asbesto a manera de envoltura. Este revestimiento debe encalarse para resistir el agua o colocar una envoltura de papel kraft, para el caso de esmaltado en planta.

Los materiales comúnmente usados para el recubrimiento anticorrosivo de tuberías de conducción, se enuncian a continuación para conocer sus características y propiedades generales.

**PINTURA PRIMARIA.** Proporciona adherencia entre la superficie y el recubrimiento.

**ENVOLTURAS DE FIBRA DE VIDRIO.** Para esfuerzo y protección mecánica en tuberías de conducción. Se usan:

**Vidrioflex:** es una malla de fibra de vidrio para el refuerzo de recubrimiento de la tubería.

**Vidromat:** fieltro de fibra de vidrio saturado para protección mecánica de recubrimiento de la tubería.

**ESMALTES:**

Esmalte Standard 200. Recubrimiento anticorrosivo para la protección exterior de la tubería.

Esmalte 225. Recubrimiento anticorrosivo semi-plastificado para la protección exterior de tuberías.

Esmalte 255. Recubrimiento anticorrosivo plastificado para la protección interior y exterior de tuberías.

Esmalte 280. Recubrimiento anticorrosivo para la protección exterior de tuberías que operan a temperaturas altas.

**PINTURA PRIMARIA.**

Se pueden utilizar cualquiera de los dos tipos de pinturas primarias: tipo A formulado a base de alquitran de hulla de bajo punto de fusión, y tipo B de secado rápido a base de productos sintéticos. A menos que se especifique pintura primaria tipo A, debe usarse la pintura primaria tipo B, y puede ser empleada bajo todas las condiciones cuando se aplica esmalte de alquitrán de hulla.

La pintura tipo A no debe ser especificada para usarse en revestimientos ni es necesario hacer las pruebas de laboratorio, cuando: El Esmalte se aplique antes de ser aplicado 16 hs la pintura primaria, o 72 hs. después. Cuando las condiciones de temperatura y humedad son tales que un secado -- apropiado de la pintura y la adherencia del esmalte, no se puedan obtener dentro de las 24 horas. Y cuando el tubo cubierto con esmalte es manejado a temperaturas abajo de 30°F, - 1°C.

La pintura tipo A consiste sólo de alquitrán de hulla residual negra y aceites del alquitrán de hulla refinada, -- adecuadamente mezclada para producir un líquido que pueda -- ser aplicado en frío con brocha o por aspersión y que presente una adhesión entre el metal y la capa de esmalte.

La pintura primaria no debe contener bencol u otros -- solventes volátiles o tóxicos, no debe presentar tendencia a

sedimentarse ni a conglutinarse.

La pintura tipo B, sintética, de secado rápido, constituida de caucho tratado con cloro, plásticos sintéticos y -- solventes; compuestos que produzcan un líquido que al cubrir una superficie sea rápidamente aplicable en frío, con una -- brocha o pulverizado, y que presente una adherencia apropiada y efectiva entre el metal y el esmalte de alquitrán de hulla.

Ambos tipos de pinturas se envasan en tambores de lámina metálica, herméticos, de 4, 20 y 200 litros. Los tambores llevan los siguientes datos en la cabeza superior: Tipo de pintura. Método de aplicación y consumo por m<sup>2</sup>. Temperatura óptima de aplicación. Tiempos mínimo y máximo para aplicar -- el esmalte. Tiempo máximo para usarse, una vez fuera del envase. Viscosidad. Peso específico. Solvente, Capacidad y Nombre del fabricante.

Ambas pinturas tipo A y B deben tener buenas propiedades para ser aplicables por pulverización o con brocha y con una tendencia mínima a producir burbujas. Estas pinturas deben estar suficientemente endurecidas al tacto cuando se -- apliquen bajo las recomendaciones específicas, y si se raspan con una cuchilla cortante, no debe pulverizarse ni desmenuzarse.

Las cantidades aproximadas requeridas por kilómetro lineal de tubería para recubrimientos 3/32" de espesor total, siguiendo las normas de trabajo especificadas. (ver tabla de rendimiento). El rendimiento tabulado por kilómetro se basa en condiciones ideales de trabajo. El material requerido por kilómetro puede ser de 5% a 15% mayor que el enlistado según las condiciones específicas encontradas en la obra.

DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO	LITROS PINTURA POR KM. LINEAL	
	TIPO A	TIPO B
30"	211	184
24"	165	147
20"	140	123
18"	126	110
16"	114	98
14"	99	86
12"	90	78
10"	76	66
8"	60	53
6"	47	41
4"	33	28
2"	18	15

#### FIBRA DE VIDRIO.

El esmalte puede reforzarse a base de una banda de fibra de vidrio, de ancho, espesor y constitución uniforme, de porosidad intercomunicada, apropiada para que sus fibras encajen y queden ahogadas en la capa de esmalte caliente sin que se disgregue su estructura, resista una tirantez, no produzca burbujas y se adhiera al esmalte. Su apariencia debe ser de una superficie lisa libre de defectos visibles. Su peso no deberá ser menor de 0.84 lb/100 pies<sup>2</sup>. No deben entrelazarse las capas conservando sus dimensiones cuyo espesor debe ser de 0.013 pulg., y podrán desenvolverse con facilidad cuando se apliquen. La resistencia al desgarramiento será no menos de 1 lb en sentido longitudinal y no menos de 2 lb transversalmente.

Los empaques deben marcarse con los datos siguientes: Nombre del producto. Nombre del fabricante. Espesor, ancho y longitud. Peso. Tensión longitudinal y transversal de aplicación. Dimensiones del empaque.

Las características de las envolturas de fibra de ví--

drio, para refuerzo y protección mecánica de la tubería son: según el fabricante.

**VIDRIOFLEX.** Es utilizado como refuerzo interno dentro de la película de esmalte depositada sobre la superficie de la tubería, debe ser resistente a medios salinos, alcalinos o ácidos, y no debe absorber agua o humedad. Es químicamente inerte a los constituyentes de los esmaltes. Y no alterar su fuerza mecánica al ponerse en contacto con el esmalte caliente.

**VIDROMAT.** Es un fieltro usado en el acabado del recubrimiento de la tubería, haciéndolo más uniforme disminuyendo la tendencia a que el esmalte exhiba deformación plástica.

Las cantidades aproximadas requeridas por kilómetro lineal de tubería para recubrimientos de 3/32" de espesor. La siguiente Tabla de Rendimiento para envolturas de fibra de vidrio, tabulados por kilómetro y basados en condiciones ideales de trabajo.

DIAM.NOM. DEL TUBO PULG.	ANCHO DEL ROLLO CM.	TRASLAPE CM.	MATERIAL POR KILOMETRO			
			VIDRIOFLEX M <sup>2</sup> ROLLOS		VIDROMAT M <sup>2</sup> ROLLOS	
30	45.72	2.54	2722	20.0	2763	50.0
24	45.72	2.54	2174	16.0	2206	40.0
20	45.72	2.54	1816	13.0	1843	33.0
18	45.72	1.90	1607	12.0	1631	29.0
16	30.48	1.90	1468	16.0	1490	40.0
14	30.48	1.90	1291	14.0	1311	30.0
12	30.48	1.27	1152	12.0	1170	27.0
10	22.86	1.27	994	16.7	1009	40.7
8	22.86	1.27	613	11.0	783	28.0
6	15.24	1.27	771	13.0	622	34.0
4	10.16	1.27	502	16.0	512	41.0
2	10.16	1.27	246	8.0	251	20.0

### ESMALTE DE ALQUITRAN DE HULLA.

La calidad de un esmalte de alquitrán de hulla se afecta por la clase de hulla carbonizada, la temperatura de carbonización, los métodos subsecuentes de proceso y fórmulas -particulares. Para satisfacer los requisitos básicos, el alquitrán de hulla debe ser producido de la hulla que tenga un valor calorífico de 13,000 Btu por libra y que haya sido carbonizada en un horno de coque tipo ranura a una temperatura no menor a 900°C.

El esmalte debe ser esmalte de alquitrán de hulla AWWA tipo I o tipo II, ajustado a un proceso de combinación de esmalte con un material mineral inerte de relleno. No debe contener asfalto o algún derivado del petróleo.

El esmalte se envase en tambores de lámina, de 200 litros de capacidad, abiertos. En el cuerpo de los envases -- tiene marcado en la parte exterior los siguientes datos: Esmalte sólido a base de alquitrán de hulla. Temperatura óptima de aplicación. Temperatura máxima de calentamiento. Tiempo máximo del material caliente antes de usarlo. Temperatu--ras ambiente de aplicación. Resistencia dieléctrica en volts para 3/32" de espesor. Nombre del fabricante.

El esmalte requerido por kilómetro lineal de tubería - para recubrimientos de 3/32" de espesor, se dará en la si--guiente tabla de rendimiento aproximado.

DIAM. NOM. DEL TUBO	TONELADAS METRICAS DE ESMALTE POR KM.				
	PULG.	STD. 200	ESH. 225	ESH. 255	ESH. 280
30		13.2	13.2	12.9	12.9
24		10.6	10.6	10.3	10.3
20		8.9	8.9	8.7	8.7
18		8.0	8.0	7.8	7.8
16		7.2	7.2	7.0	7.0
14		6.2	6.2	6.0	6.0
12		5.7	5.7	5.6	5.6
10		4.8	4.8	4.7	4.7
8		3.9	3.9	3.8	3.8
6		3.0	3.0	2.9	2.9
4		2.1	2.1	2.0	2.0
3		1.64	1.64	1.64	1.64
2		1.2	1.2	1.2	1.2
1 1/2		0.95	0.95	0.95	0.95
1		0.68	0.68	0.68	0.68
3/4		0.57	0.57	0.57	0.57
1/2		0.48	0.48	0.48	0.48

#### APLICACION DEL RECUBRIMIENTO.

El constructor debe preparar los factores que comprenden el recubrimiento, como el equipo y el material la preparación de superficies, la aplicación de la pintura, el esmalte, refuerzos y envolturas, ya sea en planta o en línea.

**PREPARACION DE SUPERFICIES:** Antes de aplicar el procedimiento de limpieza a base de chorro a presión en planta, o a máquina viajera con rasquetas y cepillos en línea, deberán quitarse las grasas y aceites de la superficie del tubo. Considerando limpia una superficie cuando queda libre de escama de laminación, pintura, grasa, humedad, óxido suelto, lodo,

escoria de soldadura o cualquier otro material extraño, dejando un aspecto gris mate. Si al imprimir una superficie ya limpia, el primario aparece rayado en espiral, se separa, se escurre o no presenta una apariencia uniforme, se deberá investigar si la superficie esta perfectamente limpia, si el equipo no está trabajando correctamente o si la viscosidad del primario no es la adecuada.

Las máquinas limpiadoras-imprimadoras deberán ser operadas de tal manera que proporcionen una superficie limpia y permitan la aplicación uniforme del primario. Las herramientas del cabezal de limpieza de la máquina están diseñadas para proporcionar una superficie más o menos áspera, sobre la cual el primario se puede anclar propiamente. Cuando las herramientas del cabezal de limpieza se gastan, no proporcionan el anclaje o adherencia necesaria del primario. La velocidad de translación de la máquina deberá ajustarse tomando en consideración las condiciones de superficie a limpiar, de tal manera que el cabezal rotatorio de limpieza gire tantas veces como sea necesario, o hacer que la máquina se desplace sin pintar las veces necesarias hasta que la tubería quede limpia.

**LIMPIEZA MECANICA.** Las máquinas limpiadoras-imprimadoras dejan la tubería limpia mediante la combinación de talladores rotatorios, ruedas de impacto, martillos y cepillos de alambre, para que la misma después aplique la pintura primaria.

**LIMPIEZA CON PROCESOS QUIMICOS.** Esta puede ser con un solvente aromático (toluol, xilol, benzol, etc.) que remueven substancias extrañas dejando limpia la superficie del tubo. No debe usarse kerosina.

**LIMPIEZA MANUAL.** Cuando la limpieza mecánica no sea práctica, por tratarse de cortas secciones de tubería, luga-

res inaccesibles u otras causas que impidan la operación de la máquina limpiadora; la tubería deberá ser limpiada a mano utilizando cepillos de alambre, rasqueteadoras de metal, li-  
mas y trapos.

**IMPRIMACION:** La superficie de los tubos debe quedar - libre de polvo o arena o residuos de materiales usados en la limpieza, para proceder a la aplicación de la pintura primaria. La superficie debe estar seca y no aplicar la pintura si llueve o hay niebla, o cuando haya polvo en el aire, que pueda impedir la perfecta adherencia entre tubo, pintura pri-  
maria y esmalte. La tubería imprimada no se deberá dejar des- cansar sobre la tierra, zacate o cualquier otra materia ex-  
traña; deberán utilizarse políes limpios para tal objeto, - hasta que el primario este seco y la tubería lista para es-  
maltar.

La pintura primaria deberá estar bien agitada antes de emplearse, ya sea rodando el tambor o usando paletas de made-  
ra hasta uniformizar el material. Las condiciones atmosféri- cas prevalecientes determinan el tiempo de secado de prima-  
rio. Bajo condiciones normales de humedad y temperatura, el primario secará en menos de dos horas, de cualquier manera, el esmalte no se puede aplicar antes de que el primario esté bien seco.

Un método de campo para comprobar si el primario está bien seco, consiste en hacer una pequeñas raspaduras de la -  
película de primario utilizando una navaja; en seguida se to- man estas raspaduras entre los dedos índice y pulgar, y se -  
presanan hasta formar una bolita; si el material no está tan suave que se sienta pegajoso y se adhiera a la piel, se pue-  
de considerar que el primario ya esta seco. No se debe aplicar se esmalte sobre primario que ya no tenga "vida". o sea que  
haya transcurrido demasiado tiempo desde su aplicación. Un -  
método de campo para comprobar la "vida" del primario consis-  
te en pasar el filo de una moneda o la hoja de una navaja so

bre la superficie. Si la película está demasiado reseca y se resquebraja o se hace polvo, el primario ya no tiene vida, por lo que no deberá aplicarse esmalte sobre él.

Una aplicación uniforme y el espesor adecuado asegurarán una buena adhesión del esmalte sobre la superficie de la tubería. Películas demasiado gruesas de primario, chorreaduras, gotas, etc., no se secarán y perjudicarán la adhesión del esmalte, y cuando la película de primario es demasiado delgada, no habrá suficiente liga para obtener una adhesión correcta.

La función del primario es formar una película continua y uniforme de un material afín al esmalte para que actúe como liga entre éste y la superficie metálica.

La pintura primaria se puede aplicar con brocha, por aspersión, con máquinas limpiadora-imprimadora equipadas con bandas de paño, rociadores, cepillos o combinación de ellos.

Las superficies pintadas deben protegerse contra humedad, lluvia, niebla, vapores, polvo o cualquier otra materia mientras se aplica el esmalte.

El primario deberá ser retocado con brocha donde la aplicación aparezca defectuosa, inmediatamente después del paso de la máquina y antes de que la tubería descansa sobre los polines.

#### APLICACION DEL ESMALTE Y ENVOLTURAS DE FIBRA DE VIDRIO

La tubería queda protegida exteriormente por una o varias capas de esmalte con un espesor no menor de 3/32. El esmalte se aplica sobre primario con "vida", seco y limpio, de tal manera que quede una capa uniforme y libre de defectos, mostrando una adhesión a la superficie metálica. Las envolturas de fibra de vidrio se aplican simultáneamente con el esmalte.

La preparación del esmalte para su calentamiento, se hace picando en trozos no mayores de 35 kgs. de peso, usando para ello hachas y sobre una plataforma que no permita su contaminación con tierra, hojas, hierbas, lluvia o cualquier materia extraña, cubriéndose con mantas, con impermeables, o techos mientras se echa a las calderas de calentamiento.

Las calderas de calentamiento de esmalte deberán estar equipadas con agitadores mecánicos, filtros de salida, termómetros y termostato para el control de la temperatura de esmalte, y cubiertas con tapas abisagradas que se cierren herméticamente durante el calentamiento y aplicación del esmalte. La carga del esmalte es fundida y llevada a su temperatura de aplicación; una excesiva temperatura de la caldera puede dañar al esmalte, el cual deberá agitarse a intervalos que no excedan de 15 min, ya sea que se esté distribuyendo o que se tenga de reserva, listo para usarse. Deberán usarse palas de hierro para agitar el esmalte, o con el agitador propio de la caldera, para evitar el asentamiento de sus rellenos minerales y la coquización excesiva del mismo sobre el fondo y paredes de la caldera.

Se cuidará de no sobrepasar la temperatura a la cual el esmalte debe ser calentado y el tiempo máximo que el esmalte puede estar en la caldera a la temperatura de aplicación. En ambos casos se prohíbe el uso de ese esmalte.

La mezcla de esmalte con un fundente está igualmente prohibido. El exceso de remanente de una caldera al final de una hornada, no debe ser incluida en una nueva hornada en cantidad mayor de 10% de la hornada anterior. La caldera debe ser vaciada y limpiada después de cada carga y el material removido por la limpieza de la caldera debe ser vaciado de golpe y desechado.

El revestimiento aplicado en línea debe ser con máquinas de alimentación continua y encintadora de transmisión me

cánica, considerando un espesor de la capa de esmalte de -- 3/32", sin incluir el de las envolturas usadas. El espesor del esmalte inmediato a la superficie del tubo es en realidad el factor determinante en la protección contra la corrosión.

Dependiendo del diámetro de la tubería y de las condiciones de operación, la tubería recubierta se hará descansar sobre polines acondicionados en tal forma que ocasionen el menor daño posible al recubrimiento. Las reparaciones de la tubería recubierta en los lugares donde esta haya descansado sobre los polines, son sencillas y económicas. Esta previsto que dichas reparaciones son casi inevitables, y que se efectuarán durante la operación de bajado, seguidas de su correspondiente inspección eléctrica. Las reparaciones se harán -- quitando la envoltura exterior sobre el área dañada y raspando el esmalte adyacente al lugar del defecto, en seguida se chorreará o se aplicará esmalte caliente sobre el área y se embeberá y pagará un parche de envoltura exterior cuando el esmalte esté aún caliente. La tubería deberá manejarse con - bandas de lona o hule del ancho suficiente para que no deje marcas en el recubrimiento. No se usarán cadenas.

Quando la tubería recubierta vaya a permanecer expuesta a la intemperie por periodos de tiempo más o menos largos se le aplicará una lechada de cal para reflejar los rayos solares y proteger así el recubrimiento.

El recubrimiento debe inspeccionarse visualmente mientras se aplica. El inspector vigilará cuidadosamente la operación de la esmaltadora porque es casi imposible encontrar fallas visualmente después de que las envolturas se aplicaron. Debe vigilarse para asegurar un recubrimiento completo de la superficie con el esmalte.

La temperatura del esmalte en las calderas debe vigilarse, si llegan a ponerse fuera de su punto, el sobrecalen-

tamiento produce coquificación. Debe tenerse en cuenta que una partícula de cobre en el revestimiento puede transmitir corrientes corrosivas. La velocidad y la temperatura a la cual el esmalte se aplica, gobierna el espesor. Una temperatura menor puede producir un recubrimiento mayor.

Los inspectores deben verificar periódicamente el espesor del revestimiento, así como el grado de adherencia al tubo. El traslape de la envoltura debe ser también inspeccionada a intervalos, porque un gran traslape desperdicia material y un traslape pequeño no protege al recubrimiento. Esto se hace removiendo pequeñas secciones del recubrimiento y -- las partes descubiertas deben ser cuidadosamente reparadas.

#### INSPECCION ELECTRICA DEL RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO, PRUEBA Y EQUIPO:

La inspección eléctrica de los recubrimientos no es en realidad una prueba para determinar su resistencia eléctrica, sino para detectar poros u otro tipo de defectos, del recubrimiento y efectuar las reparaciones o cambios necesarios -- para evitarlos al máximo. La reparación inmediata de poros y otros defectos, la localización y corrección de las causas -- que las ocasionan y una inspección efectiva sobre la aplicación, aseguran un recubrimiento de calidad y una economía -- considerable en el costo posterior de protección catódica.

Toda la tubería recubierta es inspeccionada eléctricamente, aplicando un voltaje suficientemente alto, (aproximadamente 2,500 volts por cada 1/32" de espesor de la capa de esmalte para poder detectar poros u otros defectos en el recubrimiento). La inspección eléctrica inicial se hará al ir depositando la tubería sobre los polines, seguida inmediatamente por la reparación de las fallas. Se efectuará además -- otra inspección eléctrica adicional al bajar la tubería a la zanja. Se tendrá especial cuidado al inspeccionar y reparar las áreas donde el recubrimiento haya descansado sobre los --

polines y otros lugares críticos.

Es decir, que, después de ser ejecutadas las diferentes fases del recubrimiento, el constructor deberá inspeccionar toda la cubierta del tubo o de la tubería mediante un detector eléctrico de fallas, la cual, deberá repararse satisfactoriamente y vuelta a inspeccionar, si es el caso.

El Equipo Eléctrico usado para probar el esmaltado en planta o en la línea debe ser portátil, tipo impulso, tensión ajustable, con un dispositivo de señal audible y luminosa a la vez, que sean fácilmente notables ambas señales.

El detector debe ser completado con un electrodo de resorte espiral. La potencia de entrada debe ser no mayor de 20 Watts y la frecuencia mínima de la tensión debe ser de 20 ciclos por segundo.

La tensión de operación del detector debe ser determinada como se explica más adelante, pero en ningún caso menor de 12,100 volts. El detector debe ser ajustado no menos de tres veces al día, obligado por la humedad relativa y por la temperatura; una vez, antes de iniciar los trabajos, otra a media jornada y finalmente verificar, después de la última jornada, que el aparato no tiene desajustes.

La tensión de operación del detector se determina con el siguiente procedimiento:

Seleccionar una porción con revestimiento anticorrosivo en el traslape del fieltro, aproximadamente 40 cm. del extremo. Esta localización representa el espesor máximo del revestimiento sobre el tubo. Agujerar el revestimiento y envoltura con una navaja puntiaguda, punzón, picahielo u otra herramienta. Mover el electrodo del detector de un lado a otro del agujero y reducir el voltaje hasta que el detector cesa de registrar el conocido agujero. Colocar una tira de fiel-

tro de asbesto seco, saturado con alquitrán de hulla, de 15 lb/100 pies sobre el agujero; moviendo el electrodo del detector de atrás para adelante incrementando lentamente la corriente hasta que el detector comience a registrar el agujero.

Una vez ajustado el aparato, debe aplicarse al recubrimiento en producción; cualquier agujero en el esmalte o falla, es indicado por una chispa entre el electrodo y la superficie del metal, y por una señal audible y la luminosa. - Estas fallas se marcan sobre la superficie del revestimiento, y para repararlas, se corta una área de cartón y esmalte alrededor del agujero y se aplican de nuevo los materiales en la forma especificada.

La inspección eléctrica (detección de agujero) es una prueba de continuidad de una cubierta protectora. Esta inspección no provee información concerniente a la resistencia de la cubierta, adhesividad, características físicas, o la calidad cubriente de la cubierta. Esta inspección detecta -- burbujas, ampollas vacías, grietas, puntos delgados e inclusiones extrañas o contaminantes contenidas en la cubierta, - que son de tal tamaño, cantidad o conductividad, en cuanto a la importancia de disminuir la resistencia eléctrica o resistencia dieléctrica de la cubierta. Un detector es un aparato para localizar discontinuidades en la cubierta protectora.

Un detector tipo impulso suministra un impulso de alto voltaje de muy corta duración. La duración del impulso, como ejemplo, es de 0.0002 segundos a una velocidad de 30 impulsos por segundo.

Lo que se ha dado en llamar agujero, es una discontinuidad de la capa protectora del tubo que expone la superficie del metal al medio ambiente.

La tensión de prueba debe verificarse periódicamente. Si una envoltura no perforada se aplica sobre la pintura primaria, el espesor y la resistencia dieléctrica del material de la envoltura pueden considerarse cuando se determina o especifica su tensión de voltaje. Ciertos materiales de envolturas pueden tener propiedades eléctricas aislantes iguales o mayores que la cubierta protectora.

La conexión a tierra del metal del tubo y la terminal de tierra del sector son necesarias para completar el circuito. Esto puede hacerse a través de una conexión directa por medio de un cable o conectando ambos a una tierra común. El metal del tubo, si no está en contacto con la tierra, usualmente se conecta a tierra por una varilla conductora. El detector puede, en muchos casos, ser efectivamente conectado a tierra por el uso de un cable flexible desnudo de 9 m de largo que se conecta a la terminal del detector y que se arrastra a lo largo de la superficie del suelo. En terrenos áridos, arenosos o rocosos de alta resistividad eléctrica un cable directo conectado entre el metal del tubo y la terminal a tierra del detector debe mantenerse.

El electrodo es el medio por el cual el potencial eléctrico se aplica a la superficie de la cubierta. La construcción del electrodo debe ser tal que no debe tener más de 0.010 pulg. de distancia lateral entre los puntos donde el electrodo hace contacto con la superficie cubierta, por cada 1000 volts de potencial.

El electrodo debe mantenerse en contacto con la superficie cubierta, en todo tiempo, y no debe deformar o ser desfavorable a la cubierta. El electrodo no debe moverse hacia atrás y hacia adelante excesivamente, más aún sobre una cubierta débil, para prevenir la causa de una disminución posible en el espesor de la cubierta.

La velocidad de viaje de un detector aplicado a cubier

tas anticorrosivas en tuberías no debe ser mayor que la velocidad del paso de un hombre.

La medición de la tensión de un detector de impulso - debe ser hecho con un kilovólmeter de lectura de picos de alta impedancia o con un divisor de tensión de resistencia o - capacitancia de alta impedancia y un indicador apropiado tal como un osciloscopio o vólmeter. La tensión debe ser medida entre el electrodo y el tubo.

Condición de la superficie cubierta. Una excesiva humedad de cualquier material eléctricamente conductivo, dentro o sobre la superficie del sistema de la cubierta puede causar corrientes de dispersión apreciables, las cuales pueden hacer más baja la efectividad de la prueba de tensión o causar indicaciones erróneas de agujeros. Las superficies de -- las cubiertas deben estar secas y limpias para efectuar la - prueba eléctrica.

#### V.4 PROTECCION CATODICA

SISTEMA DE PROTECCION CATODICA. Es aquel que tiene -- por objeto impedir electroquímicamente que las tuberías metálicas enterradas o sumergidas se dañen por efectos de corrosión.

Los sistemas para protección catódica que comúnmente - se usan, son dos: mediante ánodos de sacrificio, basado en - el consumo del ánodo protector y mediante corriente impresa, o sea la emisión de la corriente directa procedente de un -- rectificador.

ANODO: Elemento emisor de corriente eléctrica y puede ser de sacrificio, que es aquel que se consume al proporcionar la corriente de protección o también ánodo inerte que no produce corriente eléctrica y su consumo no es directamente

proporcional a la corriente de protección.

**RECTIFICADOR:** Es un aparato que se alimenta con corriente alterna y que proporciona corriente directa.

**MATERIAL DE RELLENO:** Es el que envuelve al ánodo, para reducir su resistencia de contacto con el terreno.

**POSTES DE AMOJONAMIENTO Y REGISTRO:** Son postes de señalamiento que tiene por objeto indicar la trayectoria y localización de las instalaciones por proteger y permiten la determinación de datos de protección catódica.

**ELEMENTO DE MEDICION:** Es una resistencia calibrada -- contenida en el interior del poste de registro y señalamiento. Esta interconectada al circuito de protección y sirve para medir corriente de protección. Sus terminales son accesibles desde el exterior y se encuentran localizadas en la parte superior de una de las caras del poste.

**CONDUCTOR DE INTERCONEXION:** Es aquel al que se conectan los elementos que integran un sistema de protección catódica.

**JUNTA DE AISLAMIENTO:** Elemento que tiene por objeto -- facilitar un seccionamiento eléctrico de la instalación por proteger, de otras que no abarca el sistema de protección -- que se instala o para seccionar en varias partes la citada -- instalación por proteger, si así es conveniente.

**SOLDADURA POR ALUMINOTERMIA:** Consiste de una mezcla -- pulverizada de óxido de cobre, aluminio y pólvora, que se activa mediante una chispa.

**MATERIAL PARA AISLAMIENTO Y PARCHADO:** Es el material -- aplicado a las conexiones para evitar contactos eléctricos --

directo con el medio en que la instalación quedará alojada, entre los cuales se pueden mencionar: Esmalte de alquitrán - de hulla, Mastique eléctrico, Cinta aislante de plástico.

**RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO DE TUBERIAS:** Es el resultado de la aplicación de diversos materiales sobre la superficie de las tuberías, con objeto de protegerlas de la corrosión.

#### MATERIALES:

##### ANODO.

La forma más común de los ánodos es: cilíndrica, prismática, rectangular, prismática de sección trapezoidal o de brazaletes. El material, las dimensiones y el peso de los ánodos, para que emitan la suficiente corriente de protección, se indicarán en el proyecto.

Los ánodos para protección de tuberías llevan un tramo de conductor eléctrico de cobre de calibre, tipo, aislamiento y longitud que para el caso se requiera y que se indicará en el proyecto.

##### RECTIFICADOR.

Sus características eléctricas, de construcción, de operación e instalación se indican en el proyecto y se clasifican en:

- Elemento rectificador: de silicio y de diodos unidireccionales.
- Sistema de enfriamiento: de aire o aceite.
- Para Intemperie: Para interiores. y a prueba de explosión.

##### TABLERO DE CONTROL.

El tablero de control del rectificador será de fácil -

acceso y constará fundamentalmente de:

- Terminales para alimentación de corriente alterna.
- Terminales de salida de la corriente rectificada.
- Elementos de protección para sobrecargas.
- Elementos para regular las condiciones de operación
- Instrumentos para verificar las condiciones de operación; amperímetro y voltímetro de corriente directa.
- Elemento de protección para descargas atmosféricas.

#### POSTE DE SEÑALAMIENTO Y REGISTRO.

En el proyecto se indicarán las dimensiones de los postes de señalamiento y registro, que generalmente son prismáticos de sección cuadrada, construídas de concreto armado -- con las aristas achaflanadas y pintadas de color naranja.

Los postes normalmente llevan un tubo conduit interno, que comunica el elemento de medición con el extremo inferior de la cara en que se encuentra alojado. El acabado de las caras es liso y llano y llevan inscritos en bajo relieve los datos que cada caso requiera, pintados de negro.

#### ELEMENTO DE MEDICION.

Se construye fundamentalmente de una resistencia calibrada, cuyo valor indicará el proyecto y llevará dos puntos accesibles, para conectarles aparatos de medición.

Los extremos de dicha resistencia se conectan a dos -- tramos de conductor eléctrico de cobre de calibre No. 12 mínimo, con forro de plástico. Estos conductores pasan por el tubo conduit que para el caso tiene el poste y su longitud es tal que se les permita salir del conduit por lo menos un metro.

El elemento de medición se aloja en la caja que existe en la parte superior de una cara del poste. Las conexiones -

de la resistencia calibrada y los conductores indicados se -  
llevan a cabo mediante soldadura de estaño.

Las puntas para medición rebasan la cara del poste un centímetro como mínimo y se aíslan en su totalidad con cinta aislante de plástico. La caja en que se aloja el elemento de medición se llena con esmalte de alquitrán de hulla en ca---  
liente y se tapa con mortero de cemento y arena.

#### JUNTAS DE AISLAMIENTO.

Las juntas aislantes que se usan podrán ser de los siguientes tipos:

TIPO D: Anillo de sección elíptica, que se aloja en la ranura concéntrica de las bridas, y permite, por su construcción, una ligera separación entre ellas, evitando así la con  
tinuidad eléctrica.

TIPO E: Para usarse en bridas de cara realzada. Quedan colocadas a la brida mediante los espárragos correspondientes, ya que cuentan con agujeros de medida y distribución --  
iguales.

TIPO F: Para usarse en bridas de cara realzada. Quedan colocadas en el espacio interno de la cara de la brida, limi  
tado por los espárragos.

Las juntas de cualquier tipo contienen, además, camisas y roldanas aislantes, que se colocan en los espárragos, para evitar la continuidad eléctrica de las tuberías.

#### SOLDADURA POR ALUMINOTERMIA.

Las cargas de soldadura por aluminotermia y los crisoles para hacer las conexiones que en el proyecto se indiquen, quedan sujetas a lo que se dice en el siguiente concepto, y se podrá usar otro tipo de soldadura.

**MATERIAL PARA AISLAMIENTO Y PARCHEO.**

Esmalte de alquitrán de hulla, formulado de brea de hulla seleccionada y procesada con materiales inertes. Se aplica en caliente, sin dañar los aislamientos de los conductores.

**MASTIQUE ELECTRICO.** Sometido a prueba de rigidez dieléctrica de materiales aislantes.

Cinta aislante de plástico, sometida a prueba de rigidez dieléctrica de materiales aislantes.

**MATERIAL DE RELLENO.**

Para ánodos de sacrificio se usa el material de relleno, con una composición como la que a continuación se indica.

MATERIAL	PESO EN %
Yeso seco en polvo	75%
Bentonita seca en polvo	20%
Sulfato de sodio anhidro	5%
Agua suficiente para saturar la mezcla	

Para ánodos de grafito, se usa material de relleno de carbón de coque triturado, cuya granulometría es la que a continuación se indica.

Pasará 100% por malla No. 6  
 Pasará 40% mínimo por malla No. 14  
 El material restante será desechado.

El material de relleno se humedece hasta lograr una baja resistencia de contacto del ánodo con respecto al suelo. Considerando como baja resistencia de contacto aquella cuyo valor máximo sea de 3.0 Ohms.

**ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MATERIALES.**

Todos los materiales mencionados son almacenados a cu-

bierto, en lugares en que no transiten personas ni vehículos sobre de ellos y donde no pueden ser contaminados por sustancias que alteren sus condiciones de aplicación. Durante su transporte y manejo se evitarán fracturas o alteraciones de las condiciones originales de calidad y condiciones de aplicación.

#### REQUISITOS DE EJECUCION:

##### LOCALIZACION.

La localización de los lugares en que se llevarán a cabo las instalaciones, se hará de acuerdo con los datos proporcionados en el proyecto.

Para tuberías enterradas: La localización de los lugares de instalación y de la tubería por proteger se llevará a cabo mediante un cadenamamiento basado en alguna referencia -- del elemento por proteger. Localizado el lugar, la tubería por proteger se podrá situar mediante algún electrónico detector de metales, una barra para sondeos, o excavando directamente con herramientas manuales, evitando dañar el recubrimiento de la tubería.

Para tuberías sumergidas: La localización de los lugares de instalación y de las tuberías se llevará a cabo mediante el desarrollo de los trabajos topográficos que el proyecto indique. Localizado el lugar, la tubería por proteger se podrá localizar usando equipos electrónicos, con intervenciones directas de buzos o haciendo un "barrido" con grampín por el lecho marino o fluvial.

##### EXCAVACIONES.

Hechas las localizaciones, se procede a hacer las excavaciones correspondientes, cuyas dimensiones y localización se indicarán en el proyecto. Para hacer la excavación se podrá emplear cualquier método siempre y cuando el elemento -- por proteger o cualquier otra instalación cercana no resul--

ten dañadas.

#### PREPARACION DEL ELEMENTO POR PROTEGER.

Se limpiará un área de un diámetro medio de aproximadamente cuatro centímetros de la superficie en que se va a hacer la soldadura, o sea de la magnitud suficiente para ésta. En la operación de limpieza se elimina de esta superficie todo revestimiento, pintura, grasa, etc., hasta obtener una buena limpieza y brillo.

#### CONEXIONES ELECTRICAS:

##### PARA TUBERIAS ENTERRADAS.

Conexión entre el ánodo y su conductor. Se hace con soldadura de estaño.

Conexión del conductor del ánodo al conductor de interconexión deberá ser soldada por aluminotermia.

La conexión del conductor del ánodo o del conductor de interconexión al elemento por proteger, será soldada por aluminotermia.

La conexión del conductor de interconexión al elemento de medición será soldada por aluminotermia.

Quando el elemento por proteger esté constituido por dos o más tuberías que se crucen o se desarrollen paralelas, deberá hacerse un puenteo eléctrico entre todas ellas en los lugares y espaciamiento que el proyecto indique.

##### PARA TUBERIAS SUMERGIDAS.

Quando el sistema de protección catódica consista de la instalación de ánodos de tipo brazalete, las terminales para conexión con que cuentan dichos ánodos se soldarán a la tubería mediante aluminotermia.

Cuando el sistema de protección catódica consista de - la instalación de ánodos que para su fijación cuenten con al- ma o soportes metálicos, éstos se soldarán al elemento por - proteger con soldadura eléctrica.

#### SISTEMA DE CORRIENTE IMPRESA.

En estos casos la conexión al elemento por proteger po- drá ser mediante zapata metálica soldada con soldadura eléc- trica, a la que a su vez se soldará el conductor de interco- nexión con soldadura de oxiacetileno.

#### CARGAS DE SOLDADURA.

A las soldaduras efectuadas por el procedimiento de -- aluminotermia, se les aplicará una "carga", la cual estará - en función del calibre del conductor, como se indica en la - siguiente tabla.

CALIBRE		CARGA No.
No.	14, 12, 10, 8, 6	No. 15
No.	4, 2	No. 25
No.	1	No. 32
	1/0	No. 45
	2/0	No. 65

#### RECUBRIMIENTO AISLANTE.

Para Tuberfas enterradas: Todas las conexiones que re- sulten en una instalación enterrada, se recubren con masti- que eléctrico y cinta aislante de plástico, o con esmalte de alquitrán de hulla. Los ánodos para sistema de corriente im- presa, llevarán la conexión propia del ánodo y su conductor recubierto y protegidos por una tapa especial de material -- aislante rellena de mastique aislante, para proteger dicha - conexión de la humedad y corrosión.

Para tuberías sumergidas: Cuando se trate de aislar co nexiones que van a quedar sumergidas se usará el recubrimiento para zonas de mareas y oleajes, o el material y procedimiento que el proyecto indique.

#### JUNTAS AISLANTES.

Deberán quedar instaladas durante la construcción y -- cualquiera que sea su tipo serán colocadas evitando se dañen en el momento de apretar los espárragos, los cuales llevan - camisa y roldana aislante.

#### COLOCACION Y CONEXION DE ANODOS DE SACRIFICIO.

Para Tuberías Enterradas: Los ánodos de sacrificio se alojan en los agujeros de dimensiones suficientes para que - el ánodo quede cubierto por una capa de material de relleno, con un espesor mínimo de cinco centímetros en toda su periferia.

Para Tuberías Sumergidas: Los ánodos para protección - de tuberías sumergidas llevarán un alma de solera o de algún perfil estructural galvanizado.

La colocación de los ánodos de sacrificio tipo brazalete para protección de tuberías sumergidas se hace removiendo el revestimiento de concreto, dejando una cavidad de longitud aproximada al ancho del brazalete, con una tolerancia máxima de un centímetro, procurando no dañar el recubrimiento anticorrosivo. El brazalete se coloca sobre el recubrimiento anticorrosivo y las puntas de conexión se soldarán a la tubería.

#### COLOCACION Y CONEXION DE ANODOS DE "GRAFITO".

En el sistema de protección mediante corriente impresa, la colocación de los ánodos se regirá por lo que el proyecto indique en cuanto a la localización de la instalación y distanciamiento de los ánodos entre sí.

La colocación de los ánodos de grafito se sujetará a - los términos que en la siguiente tabla se indican.

ÁNODO	AGUJERO	MAT. DE RELLENO
Diam. y longitud	Diam. y longitud	Peso
3" x 60"	12" x 104"	68 kg
4" x 80"	10" x 84"	118 kg

#### AISLAMIENTO Y PARCHADO.

Para Tuberías Enterradas: El resane y aislamiento de - la conexión al elemento por proteger, se lleva a cabo con -- mastique eléctrico, en cantidades suficiente para recubrir el área que se preparó para hacer la conexión y suficiente para recubrir el material de la soldadura, sobre el mastique eléc trico se coloca un pedazo de cartón asfáltico que evita la - contaminación del mastique por el terreno.

Para Tuberías Sumergidas: En este caso, el material de aislamiento y parchado que se utilice será Epóxico 100% de - sólidos, en cantidad suficiente para resanar la protección - anticorrosiva y aislar la conexión.

#### TAPADO.

Cuando los sistemas de protección catódica se instalen en zonas urbanas, industriales o a través de alguna vía de - comunicación terrestre, como carreteras, vías de ferrocarril u otras, el tapado se hará con cuidado para lograr las condi ciones originales existentes antes de la excavación.

#### PRUEBAS.

Antes de llevar a cabo la instalación de un sistema pa - ra protección catódica se obtendrá un perfil de potenciales naturales. Las mediciones correspondientes se hacen en los - lugares en que quedarán localizados los postes de amojona-- miento y registro. Cuando la instalación se termine, se verif

ficará la continuidad del circuito. La corriente de protección debe tener un valor aproximado al valor de la corriente de protección que en el proyecto se indique, el potencial de protección se mide en todo el tiempo y desarrollo de la instalación.

Si el sistema de protección catódica es a base de corriente impresa, se medirá el potencial del elemento protegido con respecto al terreno, tanto en el lugar de la instalación, como en los sitios donde se hayan instalado postes de amojonamiento y registro: (Perfil de potenciales de protección).

Para medir el potencial entre el terreno y el elemento protegido se usa un electrodo de cobre/sulfato de cobre para completar el circuito a través del terreno. Para mediciones de potencial entre el elemento protegido y el agua en que éste se encuentre alojado, se usará un electrodo de plata/cloruro de plata para completar el circuito a través del agua. Para medir potenciales entre el elemento protegido y el medio en que éste se encuentre, se usará un voltímetro para corriente directa con resistencia interna mínima de 1000 ohms por volt.

Medición de potenciales del elemento protegido con respecto al medio en que éste se encuentre: A la terminal positiva (+) del voltímetro se conectará el electrodo correspondiente y a la terminal negativa (-) del voltímetro se conectará el elemento protegido y la lectura indicará el valor -- del potencial de protección.

Para determinar la corriente de protección aplicada -- con ánodos de sacrificio, normalmente se intercala en el circuito en forma permanente una resistencia calibrada.

La corriente de protección proporcionada por la insta-

lación, en un momento dado, será la que resulte de aplicar - la siguiente ecuación:

$$I = \frac{AV}{R}$$

En donde:

AV = Diferencia de potencial medida en los extremos del elemento de medición (En Milivolts)

I = Corriente de protección

R = Resistencia calibrada del elemento de medición (Valor mínimo: 0.01 de Ohm)

El valor de la corriente de protección suministrada -- por un rectificador de corriente alterna es indicado por el amperímetro con que para el caso debe contar dicho rectificador. Así también un voltímetro indicará el potencial de salida del rectificador.

#### CRITERIOS DE MEDICION.

Para la localización de tuberías enterradas o sumergidas, se usará como unidad el kilómetro.

Las excavaciones se cuantificarán con base en los volumenes de material extraído, tomando como unidad el metro cúbico y las características del material de que se trate.

Para la instalación de ánodos la unidad será. Anodo.

Para la instalación de postes de registro y amojonamiento. La unidad será: pieza.

Todas las conexiones resultantes de la instalación, -- cualquiera que sea su tipo, su unidad es: conexión.

- Instalación de rectificador, unidad: pieza.
- Instalación de transformador, unidad: lote.
- Pruebas generales de corrientes y potenciales de protección, unidad: pruebas.

Es importante recalcar que el sistema de protección catódica de ánodo de sacrificio o ánodo de corriente impresa - debe ser instalado para proteger la tubería de la corrosión externa, obteniendo así una mayor durabilidad y rendimiento de los sistemas de transporte de hidrocarburos por tuberías.

#### V.5 BAJADO Y TAPADO DE TUBERIA

El bajado y tapado es considerado el trabajo necesario para remover la tubería de los apoyos de durmientes acolchados y colocarla en su posición final dentro de la zanja, - la cual deberá hacerse sin dañar el esmalte soportando la tubería con eslingas de bandas de tela con un ancho de una vez el diámetro cuando menos. La tubería no debe sufrir deformaciones permanentes en su eje longitudinal o transversal. Al bajar la tubería, ésta debe descansar en el fondo de la zanja, en toda su longitud no dejando ondulaciones del piso de la zanja con respecto de la tubería.

Antes de ser bajada la tubería, se detectarán los defectos o irregularidades que tenga la protección anticorrosiva, corriendo exteriormente en la tubería un detector eléctrico localizando las fallas a todo lo largo de la tubería y reparándolas, parchando las áreas defectuosas, que por lo regular son los puntos donde estaba apoyada la tubería y las zonas donde se hacen el cambio de los rollos de fibra de vidrio, durante la fase de esmalte, o sea, el Vidrioflex y Vidromat.

Se deberá cuidar que la zanja se encuentre en condiciones favorables, ya que previamente al bajado de la tubería - se le debe dar un "afinado" al piso de la zanja, quitando -- los objetos que puedan dañar el recubrimiento, como piedras, basuras y acumulamientos de material debido a los desbordamientos de los taludes de la zanja.

Al alojar la tuberfa en la zanja, en una zona de material rocoso, se le protegerá teniendo en cuenta alguno de -- los siguientes criterios, según el grado de dureza de la mis ma roca.

Cuando la formación rocosa es relativamente suave y de tipo deleznable, se rellena el fondo y a los lados para proveer un asiento parejo y uniforme donde la tuberfa descansa.

Cuando la roca es muy dura y del tipo de formación que se hace pedazos, o sea, con un grado de interperismo alto, - se colocan sacos de tierra, o bordos a cada 6 a 9 m. en la zanja para soportar el tubo, dándole a la zanja una profundi dad mayor, para que la tuberfa quede con la cubierta o colchón del espesor aconsejado para áreas rocosas.

Se puede rellenar la zanja con roca libre de tamaño pe queño, 3 cm. hasta una altura de 10 cm. emparejando la super ficie. Dándole a la zanja una mayor profundidad para tener el espesor especificado de la capa o colchón sobre la tube-- rfa.

También se ha recurrido a cubrir el recubrimiento de - la tuberfa con una cubierta de 3/16 pulg. de espesor de car-- tón o fibra, impregnada con asfalto, conocida con el nombre de "Rockshield". En este procedimiento no se necesita pro-- fundizar la zanja más allá de la excavación normal para proveer el espesor mínimo de la cubierta.

La protección de tuberfas, al apoyarse en la zanja por medio de sacos de arena, bancos de tierra, cartón impregnado, acolchonamientos o tipos similares de protección usados cuan do la tuberfa revestida se coloca en suelos rocosos, se complementa con la protección catódica ya que el terreno es de alta resistividad, buen drenaje y contenido mínimo de mate-- ria activa de corrosión. El material usado en camas y rellenos de zanjas que quede junto a la tuberfa debe ser suelto,

libre de rocas o partículas agudas o puntiagudas que pueden dañar el revestimiento anticorrosivo.

Cuando se recubra la tubería en planta, deberá completarse el recubrimiento anticorrosivo, previo a las operaciones de bajado y tapado; haciendo la prueba dieléctrica en toda la longitud de la tubería, como se ha especificado antes, reparando las partes del recubrimiento que se encuentren dañados.

El bajado y tapado de la tubería deberá hacerse durante las horas más frías de las jornadas de trabajo para reducir los esfuerzos del terreno sobre la tubería, salvo casos especiales en que el proyecto especifique otras condiciones. La tubería debe conservar todas las características de los materiales y de los procedimientos de construcción durante el bajado y tapado. Si se alteran, deben ser corregidas.

Uno de los procedimientos de construcción más usuales es; esmaltar la tubería en la mañana y bajar y tapar por la tarde el mismo día. Cuando no se baja el mismo día puede hacerse al otro día, de otra manera se tendrá que "encalar" la tubería para protegerla de los cambios climatológicos.

La unidad de medida de esta fase es el kilómetro y su costo, es determinado con los costos parciales de los diferentes tramos para obtener el costo promedio por kilómetro de bajado y tapado de tubería.

El parcheo de juntas y bajado de tubería con maquinaria cuando se esmalte en planta, su costo depende del diámetro de la tubería y su unidad será el KM.

## V.6 PRUEBA HIDROSTATICA

Después de la operación de bajado y tapado y hechos -- los empates con las obras especiales, deberá probarse la tuberfa a presión interior utilizando como fluido el agua dulce y limpia, gas natural, petróleo crudo o algún producto líquido de petróleo que sea menos peligroso posible en caso de fuga. Si la línea cruza área poblada, la prueba de hacerse -- solamente con agua.

Deberá correrse un diablo delante del fluido con una -- placa de acero, calibradora del círculo interior, impulsado por el fluido. El diablo deberá ser seguido por trabajadores a lo largo del trayecto a fin de poder localizarlo en todo -- tiempo.

Una vez llena la tuberfa y exenta de aire, deberá apli-- carse la presión de proyecto durante una hora sin que se presenten variaciones sensibles de presión. Después será abatida hasta 50%; vuelta a subir 100% se mantendrá hermética la tuberfa durante 24 horas debiendo usar un manómetro regis-- trador y obtener una gráfica presión tiempo. Si se presentan pérdidas de presión por fallas de la tuberfa, ésta será repa-- rada y repetida la prueba.

Los sistemas de tuberfa que van a operar 20% o menos -- del límite elástico mínimo especificado del material deben -- someterse a una prueba de aire y espuma a 100 lb/pulg<sup>2</sup>. o -- bien una prueba hidrostática a 1.25 veces la presión interna de diseño.

Los sistemas de tuberfas que van a operar a un esfuer-- zo tangencial mayor del 20% del límite elástico mínimo especificado (SMYS) del material, deben someterse a una prueba -- hidrostática de 1.25 veces la presión interna de diseño. Si una línea se prueba a más de 90% SMYS del material deben pre-- verse deformaciones no proporcionales.

Ningún elemento que forma la tubería debe ser de menor resistencia que el material de los tubos a fin de que todo el sistema resista la prueba hidrostática especificada para la tubería.

Las propiedades de los tubos que son la base para el diseño y para la prueba hidrostática, están consideradas para tubos nuevos.

El equipo de un sistema de tuberías que no deba sujetarse a la prueba, debe desconectarse.

Si el medio de la prueba en el sistema se sujetará a expansiones térmicas durante la prueba de presión, deben tomarse provisiones para relevar el exceso de presión.

Después de hacer la prueba hidrostática, las líneas -- válvulas y accesorios serán drenadas completamente del agua para evitar daños por congelamiento, si es el caso.

Las pruebas de presión deben ser hechas tanto sobre el sistema completo, como sobre partes componentes terminadas del sistema.

Si durante la prueba ocurren fugas deberán repararse y repetir la prueba.

Las trampas de diablo, múltiples, etc., deben ser probadas hidrostáticamente a límites iguales que aquellos que requiere el sistema. Esta prueba se hará por separado, o de otro modo, con el sistema completo.

Todos los dispositivos de limitación de presión, válvulas de relevo, reguladores de presión y equipo de control deben ser probados para determinar que están en buenas condiciones mecánicas, de capacidad adecuada, efectividad y confiabilidad de operación para el servicio a que están destina-

dos, funcionamiento a la presión correcta; debidamente instalados, y protegidos de otros materiales o condiciones que -- puedan evitar una apropiada operación.

**LIMPIEZA INTERIOR.** Cuando sea necesario dejar vacía - la tubería, deberán correrse diablos de limpieza para desalojar el fluido de prueba.

## CAPITULO VI SEÑALAMIENTOS

### VI.1 OBJETIVO

Sobre el derecho de vía de toda tubería de transporte, deberán instalarse las señales necesarias para localizar e -- identificar dicha tubería y reducir la posibilidad de daños y accidentes originados por el desconocimiento de su localiza-- ción; estos señalamientos, deberán ser construídos y coloca-- dos de acuerdo a lo especificado a continuación.

Los señalamientos serán de los tipos informativo, res-- trictivo o preventivo.

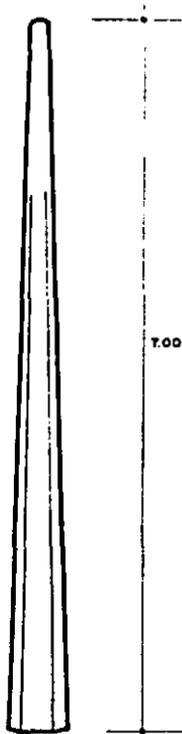
### VI.2 SEÑALAMIENTOS INFORMATIVOS

Las señales informativas destinadas a señalar el trazo de las tuberías serán del tipo "I", para líneas en campo tra-- viesa y tipo "II" para líneas en zona urbana.

El señalamiento informativo tipo "III" servirá para -- identificar los caminos de acceso a campos, plantas e instala-- ciones.

Para líneas en campo traviesa, la señal tipo "I" con-- sistirá en un poste de concreto para transmisión de energía - eléctrica, estándar de la Comisión Federal de Electricidad -- (CFE), con sección octogonal y 7.00 m (23 pies) de longitud, sin pintar (color natural). Esta señal se instalará cada cin-- co kilómetros coincidiendo con el número del kilómetro que -- termine en los guarismos 0 ó 5 y su localización se hará en - la margen izquierda del derecho de vía siguiendo el flujo de la línea o el de la mayoría de las líneas instaladas sobre el derecho de vía.

Esta señal se utilizará para la inspección aérea y de-- pendiendo de las condiciones topográficas del terreno, podrán



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

ALDO WALTER SCHOTTE OCHOA

**SEÑALAMIENTO TIPO I**

DIBUJO	J. W. S. O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1988	ACOT. MTS.

hacerse las modificaciones que se estimen necesarias sobre su distribución.

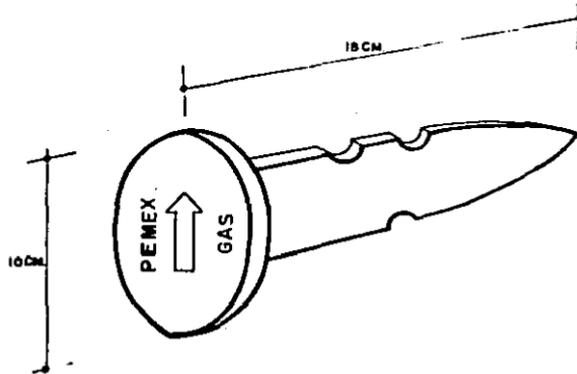
El kilometraje del derecho de vfa deeberrá marcarse en los techos o pisos de las casas de bombas o compresoras, válvulas de seccionamiento, trampas para diablos y demás instalaciones complementarias que correspondan a los sistemas de tuberfa con números negros sobre fondo amarillo, de cuando menos un metro de altura.

Para lfneas en zona urbana, la señal tipo "II" consistirá en una tachuela de fierro fundido de 10 cm (4 pulg aprox.) de diámetro y 18 cm (7 pulg aprox.) de longitud, que tendrá grabado en alto relieve, en la cabeza, las leyendas "PEMEX" y "GAS" y entre las dos, una flecha que muestre el sentido del flujo.

Esta señal se colocará cada 50 m (164 pies) ahogada - en concreto, de manera que quede la cabeza al nivel del piso, sobre la tuberfa cuando se trata de una sola lfnea o sobre -- las dos tuberfas extremas cuando se trate de un corredor de - lfneas, debiendo instalarse en todas las bocacalles y/o a cada 50 m (164 pies), así como en los cambios de dirección (puntos de deflexión) mostrando con la flecha el nuevo rumbo de - la misma.

La señal tipo "III" consistirá en un cartel de 0.61 m (2 pies) por 0.61 m (2 pies), fabricado en lámina de acero ca libre 14, galvanizada, banderizada, pintada y horneada, (tipo PINTRO o similar); fijada a un soporte de tubo galvanizado de "2" de diámetro, cédula 40 y 3.00 m (10 pies aprox.) de longitud mediante una cruceta.

El soporte del tubo sobresaldrá del nivel del terreno cuando menos 2.00 m (6.5 pies aprox.) y se empotrará en una base de concreto mediante dos varillas soldadas en cruz.



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTHER SCHOTTE OCHOA

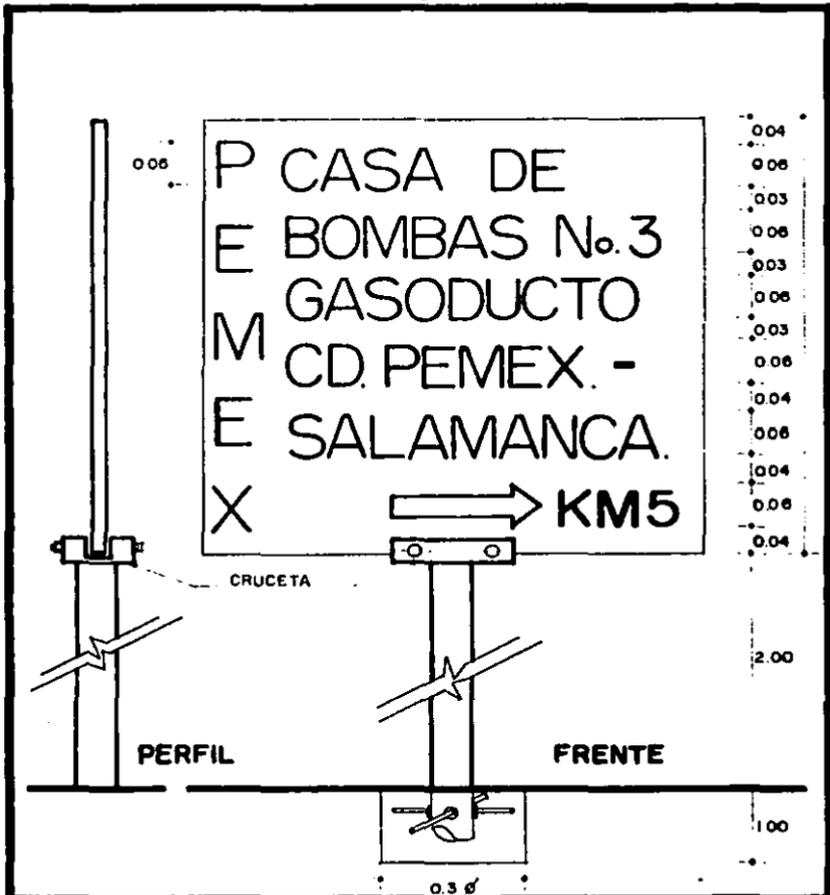
**SEÑAL TIPO II**

ORILLADO J.W.S.O.

ESCALA

FECHA 10 MAYO 1988

ACOT MTS



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WÄLTHER SCHOTTE OCHOA

**SEÑALAMIENTO TIPO III**

DIBUJO J.W.S.O.

ESCALA:

FECHA

10 MAYO 1988

ACOT: MTS.

La señal se localizará a ambos lados de las carreteras federales, 100 m (328 pies) antes del entronque con el camino de acceso. Su leyenda contendrá el nombre de la planta o instalación que identifique y en todos los casos, además, la palabra PEMEX, una flecha que indique el sentido de la circulación para llegar a ella y la distancia que hay que recorrer sobre el camino de acceso. La leyenda irá en pintura blanca sobre fondo verde.

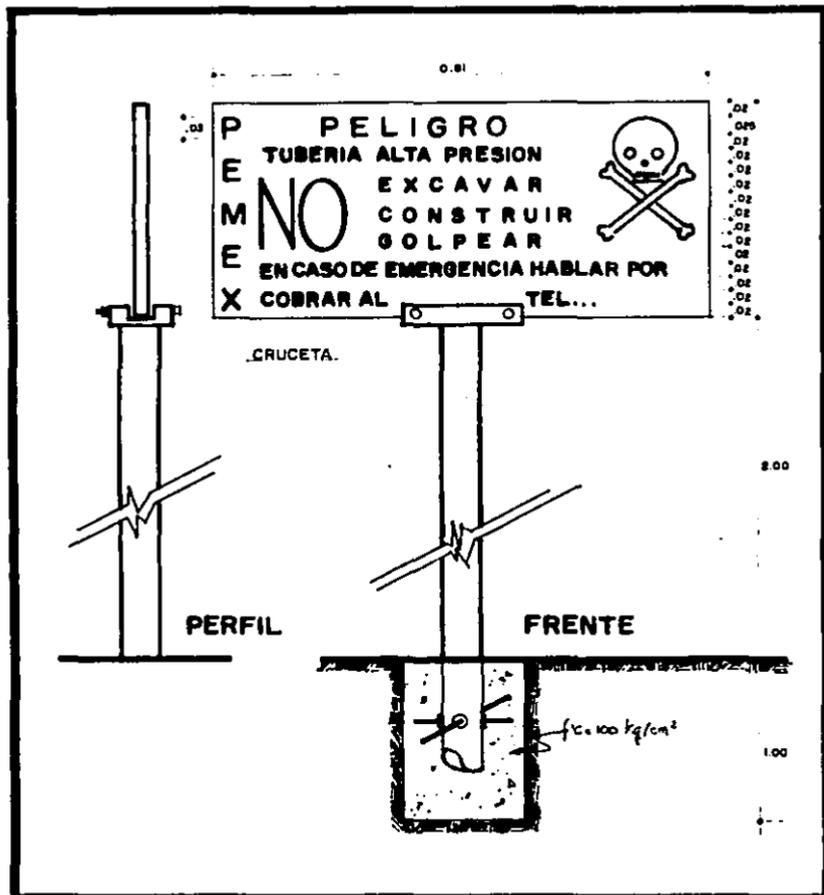
### VI.3 SEÑALAMIENTOS RESTRICTIVOS

Las señales restrictivas podrán ser de los tipos "IV", "V" y "VI" siguientes:

Los tipos "IV" y "V" consistirán en un cartel de 0.61 m (2 pies) por 0.305 m (1 pie) fabricados en lámina de acero calibre 18, galvanizada, banderizada, pintada y horneada, (tipo PINTRO o similar), fijo a un soporte de tubo galvanizado - de 2" de diámetro cédula 40 y 3.00 m (10 pies aprox.) de longitud, mediante una cruceta. El soporte del tubo sobresaldrá del nivel del terreno cuando menos 2.00 m (6.5 pies aprox.) y se empotrará en base de concreto mediante dos varillas soldadas en cruz.

Las letras o los dibujos serán de color negro sobre fondo contrastante color amarillo.

Las señales tipo "IV" prohibiendo excavar, golpear -- y/o construir, deberán colocarse en ambas márgenes del derecho de vía, en todos los cruces de tuberías de hidrocarburos entre sí, así como de calles, carreteras, ferrocarriles, veredas, caminos de herradura y pasos habituales de la población, canales, etc. y en general de todos aquellos lugares en donde la tubería corra riesgo de sufrir daños por excavaciones, golpes o construcción. En áreas pobladas, este señalamiento se hará por lo menos cada 100 m (328 pies) donde no haya cruces.



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTER SCHOTTE OCHOA

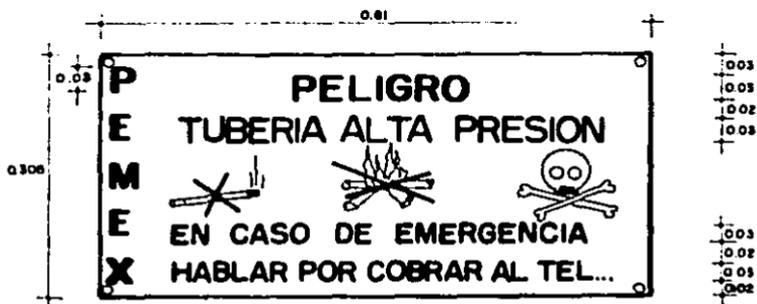
**SEÑALAMIENTO TIPO IV**

DIBUJO J.W.S.O.

ESCALA

FECHA 10 MAYO 1988

ACOT. MTS.



**TESIS PROFESIONAL**  
 INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTNER SCHOTTE OCHOA

**SEÑALAMIENTO TIPO V**

DISEÑO	J.W.S.O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1988	ADCV. MTS.

tomando en cuenta que dentro de esta área deben ser considerados los dos kilómetros del derecho de vía que se localizan antes y después de las construcciones perimetrales de la población.

En áreas rurales, este señalamiento se hará por lo menos cada 500 m (1640.5 pies) donde no haya cruces.

Las señales tipo "V" prohibiendo fumar y encender lumbre, deberán colocarse en todas las áreas en donde exista la posibilidad de presencia de gases o vapores inflamables, como es el caso de válvulas, trampas para diablos, bacterfias de separación, estaciones medidoras, reductoras o recolección, estaciones de compresión o bomboe, terminales, patios de tanques, etc. La localización de estas señales se hará en el interior de estas instalaciones, a criterio del personal encargado del mantenimiento, con la sola condición de que los puntos sean estratégicamente escogidos para que desde cualquier lugar, siempre pueda verse cuando menos una.

Cuando sea posible, esta señal se fijará directamente a las bardas o cercas de las instalaciones, 2 m (6.5 pies -- aprox.) arriba del nivel del suelo, eliminando el soporte de tubo al que se hace referencia en el punto

Las señales tipo "VI" se fabricarán con lámina de acero de 6.35 mm (1/4") de espesor, con dimensiones de 2.4 m (8 pies) por 1.83 m (6 pies) soportada por estructura del mismo material.

Las letras o los dibujos serán de color negro reflejante sobre fondo contrastante de color amarillo.

Las señales tipo "VI" deberán colocarse en ambas márgenes de las vías fluviales navegables, a una distancia de 10 m (33 pies aprox.) de las márgenes definidas por el nivel de aguas máximas ordinarias. En el diseño de estos señalamien-



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTHER SCHOTTE OCHOA

**SEÑALAMIENTO TIPO VI**

DIBUJO	J.W.S.O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1988	ACOT. B.T.S.

tos deberán considerarse también las condiciones del terreno, vientos dominantes, avenidas máximas, etc.

#### VI.4 SEÑALAMIENTOS PREVENTIVOS

Las señales preventivas podrán ser de los tipos "VII" y "VIII" siguientes:

Las señales tipo "VII" serán portátiles y consistirán en dos carteles de 0.61 m (2 pies) por 0.72 m (2 pies 4 pulg. aprox.) abatibles con letras de color negro sobre fondo contrastante de color amarillo.

Este señalamiento es temporal y deberá llevarse a cabo antes de iniciar trabajos de construcción o de mantenimiento (excavación, soldadura, etc.) en áreas o vías públicas, debiendo ser adecuadas al tipo de trabajo que se desarrolle y estar destinadas específicamente a evitar daños al público.

Las señales tipo "VIII" serán portátiles y consistirán en una baliza de 1.20 m (4 pies aprox.) de altura con un banderín en su extremo de colores contrastantes.

Este señalamiento es temporal y servirá para indicar la localización de ductos en operación, cuando se efectúen trabajos de construcción sobre el derecho de vía de los mismos. La frecuencia de este señalamiento dependerá de las condiciones particulares de cada caso, pero deberá incluir todo el trayecto que abarque el trabajo haciendo un pozo para localización del ducto cada 50 m (164 pies) o menos. El señalamiento está destinado a evitar daños a los ductos en operación o represionados, por lo que queda prohibido efectuar trabajos con maquinaria de construcción (excavadoras, tractores, etc.) sobre toda la franja de terreno limitada por dicho señalamiento, debiendo efectuarse a mano los trabajos para descubrir un ducto en estas condiciones. En el caso de cruces o cuando una máquina de terracerías trabaje junto a uno o va---

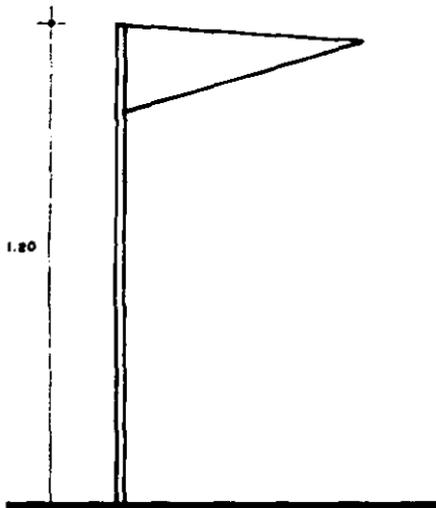


**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTHER SCHOTTE OCHOA

**SEÑALAMIENTO TIPO VII**

ORINJO	J. W. S. O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1988	ACDY. MTS



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTER SCHOTTE, OCHOA

**SEÑALAMIENTO TIPO VIII**

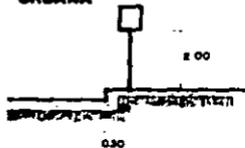
DIBUJO J.W.S.O.

FECHA 10 MAYO 1988.

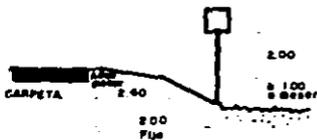
ESCALA

ACOT. MTS.

URBANA



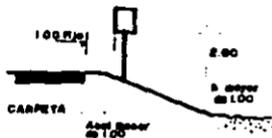
EN TERRAPLÉN



EN TERRAPLÉN



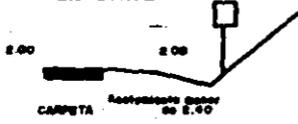
EN TERRAPLÉN



EN CORTE



EN CORTE



TIPOS III, IV, V.



**TESIS PROFESIONAL**  
INGENIERIA CIVIL

JULIO WALTHER SCHOTTE OCHOA

**COLOCACION SEÑALAMIENTO**

DISEÑO	J.W.S.O.	ESCALA
FECHA	10 MAYO 1988	AZOT. NTS

rios ductos, se descubrirán éstos con herramienta manual o se colocará una persona del constructor sobre el tubo más próximo para prevenir al operador de la máquina, debiendo estar -- presente personal de mantenimiento hasta que estén descubiertos e identificados y debidamente señalados los ductos.

## VI.5 DISPOSICIONES GENERALES

Siempre que se vaya a construir obras en la cercanfa - de tuberfas en operación, la dependencia encargada de la construcción deberá notificarlo con 2 semanas de anticipación por lo menos, a la dependencia más próxima que dé mantenimiento a dichos ductos. Ambas dependencias deberán hacer conjuntamente el señalamiento temporal tipo "VIII" necesario, acción que deberá tener lugar durante el trazo primario de la obra que - se pretende construir.

De igual manera, la dependencia encargada de la construcción deberá tramitar oportunamente, ante el centro de trabajo correspondiente, el permiso de trabajo peligroso (Pemex 13, Forma 28) o su similar.

Cuando se construya en la cercanfa de tuberfas en operación, la dependencia encargada de la construcción impondrá a los contratistas la obligación de atender las medidas precautorias que se dicten, así como de respetar la señalización correspondiente, debiendo encargarse de la vigilancia oportuna de su cumplimiento.

En todos aquellos lugares en que se requiera intensificar la señalización, principalmente por razones de construcción en la cercanfa de los ductos en operación, la rama encargada de su mantenimiento, deberá instalar profusamente las señales necesarias. Estas se deberán colocar en el lugar más visible a los trabajadores de la construcción y consistirán en señales tipo "IV" y "V".

La dependencia correspondiente deberá incluir en los -

proyectos, todo lo relativo a señalización definitiva de los ductos por construir.

## C A P I T U L O   V I I

### CUANTIFICACION DE LOS TRABAJOS

#### VII.1 CRITERIOS DE MEDICION

Los criterios de medición deben estar encaminados a poder cuantificar con exactitud las cantidades de obra, de manera que puedan medirse las partes y el todo, para establecer la aplicación de unidades de medida congruentes con el tipo de obra de que se trate.

En tuberías de transporte se distinguen dos tipos de obra con diferente forma de cuantificar: Línea Regular y -- Obras Especiales.

Línea Regular: es la construcción de tubería a campo traviesa, con fases de obra bien definidas que no presentan variantes notables en su ejecución.

Obras Especiales: son obras intercaladas en la línea regular interrumpiendo su desarrollo; pueden agruparse por su similitud pero todas son diferentes, a excepción de instalaciones tipo en la propia tubería, como son trampas de dia-blos, válvulas de seccionamiento, estaciones de bombeo o de compresión en gasoductos.

La unidad de medida de la línea regular es el kilómetro, con aproximación al metro.

La unidad de medida en las obras especiales debe tomarse como obra unitaria global pero además debe ser incluida la longitud de línea correspondiente en cada obra especial.

Para los efectos de precios unitarios y de costos, deberán consignarse los valores de línea regular por kilómetro,

y los valores de obra especial, para cada una de ellas, también por kilómetro y fracción al metro.

Bajo estas bases deberán medirse las diferentes fases del desarrollo de la obra hasta determinar los precios unitarios o los costos parciales de la obra y constituir los valores totales.

El proyecto tiene determinadas las cantidades de obra en el presupuesto de la construcción basado en el estudio de precios unitarios. En la realización de la obra, deberán compilarse los datos reales de cantidades de obra y de esos precios unitarios para constituir los costos unitarios y el costo total de la obra.

En forma convencional debe entenderse que cuando se mencionen Precios Unitarios, se hace referencia a datos de proyecto y si se mencionan "Costos Unitarios" se hace referencia a costos reales de la construcción. Igual aplicación se hará a "precios" y "costos".

En el catálogo de precios unitarios, los conceptos de obra y precios unitarios han sido formulados de acuerdo con las bases y normas generales para la contratación y ejecución de obras públicas, publicadas en el Diario Oficial del 26 de Enero de 1970 y de acuerdo con lo estipulado en los contratos de obra respectivos.

Los precios unitarios de este catálogo, incluyen los cargos por el suministro, transporte y manejo de los materiales hasta la obra por parte de la contratista. Los precios unitarios incluyen: los cargos directos, indirectos, utilidad y el costo de las obligaciones estipuladas en los contratos, a cargo del propio contratista.

## VII.2 CONCEPTOS DE TRABAJO

De acuerdo con el instructivo de la "Comisión Técnico Consultiva de Contratos y Obras Públicas", cuyos lineamientos sirven de base para la elaboración de este trabajo los "Conceptos de Trabajo" son divisiones principales y subdivisiones que deben especificar con precisión:

### Materiales y Especificaciones Operaciones y Pruebas

El concepto principal de trabajo debe aplicarse a cada una de las divisiones que se hagan de la obra, pero siempre y cuando corresponda a una de las divisiones de obra que se hace por la operación de la misma y que tiene una función definida dentro del conjunto de la obra.

Los sistemas de Transporte de Petróleo por Tubería se dividen por su función en, bombeo, transporte y almacenamiento, por lo que los conceptos principales de trabajo se aplicarán a Tubería en: Línea, Estaciones de Bombas y Plantas de Almacenamiento. Dentro de esta gran división es posible encontrar partes de obra que por una ejecución complicada, pueden aislarse, como es el caso de las obras especiales.

Disposiciones del instructivo que definen el concepto principal de trabajo en el caso de Línea Regular.

### Concepto principal de trabajo en línea regular:

Un tramo de tubería totalmente terminado. Comprende materiales, especificaciones, operaciones y pruebas como sigue:

#### MATERIALES:

Tubos de acero

Soldadura

Pintura primaria

Esmalte aislante dieléctrico y refuerzo de fibra de vidrio.

Filtros de fibra de vidrio para protección

#### ESPECIFICACIONES DE MATERIALES:

Las especificaciones de todos los materiales están -- contenidas en este trabajo.

**OPERACIONES.** Son operaciones de construcción ejecutadas de acuerdo a las especificaciones limitantes de los procedimientos contenidos en este trabajo: Requisitos de Ejecución.

**PRUEBAS DE OBRA.** Son las pruebas a que se somete la obra parcial y totalmente, también descritas en dicho trabajo.

El criterio para llegar a determinar "un tramo de tubería totalmente terminado" como el concepto principal de -- trabajo, se debe a la aplicación de la tecnología que ha seguido Petróleos Mexicanos en la construcción de más de 30,000 km de tubería de transporte, lográndose un buen control de la obra en sus materiales, ejecución, pruebas, calidad, tiempo y costo. La alteración de esta práctica puede ocasionar inconveniencias económicas y consecuencias dañosas para la construcción y el mantenimiento de las instalaciones. Hasta donde ha sido posible, la exposición de este trabajo se desarrolla según los procedimientos de construcción, con la tendencia a que puedan determinarse fácilmente los conceptos de trabajo en las diferentes divisiones de obra y consecuentemente los costos, bajo los principios técnicos y económicos de la Ingeniería.

### Conceptos para tabulador o catálogo general.

Los conceptos de trabajo que aparecen en las páginas que siguen, pertenecen al tabulador de precios unitarios vigente de la Comisión de Precios Unitarios de Petróleos Mexicanos.

A menos que los documentos del concurso o del contrato, indiquen lo contrario, dichos conceptos de trabajo incluyen todos los recursos directos o indirectos necesarios para efectuar el trabajo, tales como materiales y su acarreo a la obra, mano de obra, operación y mantenimiento del equipo, administración y dirección de la obra.

#### VII.3 ALCANCES DE LOS CONCEPTOS

##### 1. APERTURA DEL DERECHO DE VIA, AREAS DE ALMACENAMIENTO Y CAMINOS DE ACCESO:

Incluirá: Desmonte (incluyendo el desenrafcce y el despalme, todo como una sola operación).

Falsetes: (ya que se acondicionaron con el mismo personal que hace el estacado previo al desmonte).

Este concepto sustituye a los anteriores de: Apertura de la brecha y conformación, excepto los movimientos de tierras.

##### 2. TERRACERIAS EN EL DERECHO DE VIA, DE ACCESO:

Para integrar los precios unitarios de este concepto se usará el tabulador de terracerías aprobado por la Dirección. Cuando los cortes sean pequeños el volumen se podrá estimar en forma aproximada, en caso contrario los volúmenes se obtendrán por seccionamientos.

En el alcance de este concepto, se especifica que se incluya el afinamiento y las cuentas construidas en el derecho de vfa como precaución para no alterar el drenaje natural del terreno.

### 3. CONSERVACION DEL DERECHO DE VIA Y CAMINOS DE ACCESO:

Incluye: 1. Mejoramiento del derecho de vía para mantener transitable la vfa (cunetas en tierra, etc.) especificando en el anexo el número de reafinamientos que se consideraron para el análisis del precio unitario.

2. Reposición de estacas y señales.

### 4. EXCAVACION DE LA ZANJA:

En los precios unitarios del concepto debe incluirse al volumen de excavaciones de las dimensiones de proyecto, más una tolerancia que depende del material por excavar.

La clasificación que se considere para los precios unitarios se basará en los resultados de los estudios geosfísicos de los sondeos que se realicen.

### 5. EXCAVACIONES ADICIONALES:

Este concepto sólo se usará para las obras especiales. Cuando el volumen excavado sea superior al de proyecto.

### 6. MOVIMIENTOS, ALMACENAMIENTOS Y DISTRIBUCION DE TUBERIA:

Se tendrá en cuenta un estudio comparativo de los precios que se pagan actualmente con los que se pagarían aplicando las tarifas de la SCT.

## 7. MOVIMIENTOS Y ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES ANTICORROSIVOS:

Para los análisis de precios unitarios se tomarán como base comparativa las tarifas de la SCT.

## 8. DOBLADO, ALINEADO Y SOLDADO:

Al hacer los análisis el doblado de la tubería se considerará como un frente independiente.

Del alcance del concepto se suprimirán la prueba neumática que ya no se acostumbra y la prueba de doblado y ensaye de probetas y se agregará el precalentamiento, cuando se indique en las especificaciones.

En el análisis se suprimirá el rebiselador porque el rebiselador lo hace el mismo personal de soldadura.

Al redactar el concepto, se indicará el número de soldaduras por kilómetro consideradas al hacer el análisis.

## 9. SOLDADURAS (EN EXCESO O EN DEFECTO DE LAS ESPECIFICACIONES EN EL CONCEPTO ANTERIOR):

En el análisis se considerarán solo las operaciones necesarias para efectuar las soldaduras excedentes.

## 10. LIMPIEZA, RECUBRIMIENTO EXTERIOR Y BAJADO:

En este concepto se agregará el bajado porque se ha visto en la práctica que todo el trabajo de limpieza, recubrimiento exterior y bajado lo hace el personal del mismo frente de trabajo.

11. TAPADO DE LA TUBERIA:

Del alcance de este concepto se suprimirán: la reinstalación o reparación de drenajes, ductos, canales, etc., y la reposición de la capa vegetal, ya que en general estos -- trabajos no se ejecutan.

Se especificará en el alcance del compactado poste---rior al relleno que será por bandeos.

12. LIMPIEZA INTERIOR Y PRUEBA HIDROSTATICA:

Del alcance del concepto quitar la operación de: secado.

13. Se suprime el concepto de: LIMPIEZA FINAL DEL DERECHO DE VIA por considerar que la limpieza se debe hacer al terminar cada concepto de obra.

## C A P I T U L O   V I I I MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

### VIII.1 GENERALIDADES

Con el propósito de mantener la integridad de los sistemas de tubería de transporte, la dependencia o dependencias que los operan y/o mantienen, deberán establecer, implementar y cumplir programas de vigilancia y mantenimiento continuos.

Se deberán efectuar estudios para prever las acciones que ayuden a controlar riesgos, cuando llegaran a presentarse condiciones anormales durante la operación o el mantenimiento de los sistemas de tubería.

El sistema o parte del sistema de tubería que presente deficiencias o anomalías que impliquen riesgos, deberá repararse, sustituirse o ponerse fuera de operación.

Cuando se presente el caso de que una tubería no puede ser reacondicionada o puesta fuera de servicio de inmediato, la dependencia que la opera deberá reducir el valor de la presión máxima de operación hasta valores que aseguren la seguridad de su operación.

Todas las tuberías en que se observen fugas o se comprueben mermas en el transporte, deberán rehabilitarse. Esta rehabilitación deberá cumplir con los requisitos de inspección y prueba establecidos en la sección correspondiente a pruebas de hermeticidad y resistencia.

Petróleos Mexicanos podrá señalar nuevas presiones de trabajo que no deberán excederse en lo sucesivo, las cuales servirán de base para fijar la nueva presión de prueba.

## VIII.2 RECORRIDO DEL DERECHO DE VIA

La dependencia que dé mantenimiento a una tuberfa, deberá establecer y cumplir programas para vigilar, a intervalos no mayores de 30 días, las condiciones de la superficie y áreas adyacentes al derecho de vfa. Lo anterior con el fin de obtener indicaciones de fugas, actividad en construcción de habitaciones u otras instalaciones; así como otros factores que puedan afectar la seguridad y la operación de la tuberfa.

Los cruzamientos de carreteras y vías de ferrocarril, deberán inspeccionarse con mayor frecuencia y minuciosidad que los tramos instalados a campo traviesa.

Los tramos de tuberfa instalados bajo aguas navegables, deberán inspeccionarse completa y rigurosamente por lo menos cada 5 años con el fin de conocer y registrar sus condiciones; así como programar su adecuado mantenimiento.

Deberán mantenerse en buenas condiciones los señalamientos existentes y reponer los faltantes, a lo largo de to do el trazo, para identificar la localización de la tuberfa y reducir al mínimo las posibilidades de daño o interferencia.

La dependencia que opere la tuberfa, deberá llevar -- un registro minucioso de cada fuga localizada, tipo de reparación efectuada, origen de la fuga, estado de la tuberfa y su recubrimiento en ese lugar, así como del potencial tubo--suelo de protección catódica y demás observaciones que se -- consideren necesarias.

### VIII.3 REQUISITOS GENERALES PARA EFECTUAR REPARACIONES

La dependencia encargada de la operación de una tubería, deberá tomar inmediatamente las medidas necesarias para proteger al público, siempre que se encuentre una fuga, imperfección o daño en la misma, mientras se repara definitivamente.

#### REPARACIONES PERMANENTES DE LA TUBERIA

Los daños o imperfecciones que afectan las condiciones de servicio de una tubería, deberán ser reparados inmediatamente. Cuando dicha tubería opere a una presión que produzca un esfuerzo tangencial del 40% o más de la resistencia mínima especificada a la cedencia, se le deberá dar un trato preferente.

Para la reparación permanente de una tubería que si es posible ponerla fuera de operación, la reparación se efectuará cortando una porción cilíndrica de tubo y reemplazándola con tubo de similar o mayor espesor y resistencia mecánica, de acuerdo con el diseño original.

Si la tubería no es puesta fuera de operación durante la reparación, deberá reducirse la presión de operación a un nivel seguro, que produzca como máximo un esfuerzo del 20% de la resistencia mínima especificada a la cedencia.

Si no es posible poner fuera de servicio la tubería, deberá soldarse un aditamento de diseño y material adecuado con las dimensiones necesarias alrededor de todo el tubo, cubriendo el daño o imperfección.

Si una soldadura no es aceptable, deberá eliminarse o repararse de acuerdo con lo especificado en el API 1104, considerando entre otros los siguientes puntos:

A. La soldadura deberá ser eliminada cuando tenga una grieta de cualquier longitud o dirección.

B. Cuando una soldadura pueda ser reparada, el defecto deberá removerse hasta que quede el metal limpio y el segmento por reparar deberá precalentarse. La soldadura reparada deberá inspeccionarse para verificar su aceptabilidad; en caso contrario deberá eliminarse.

C. De no ser posible poner la tubería fuera de operación, la reparación se deberá efectuar también de acuerdo -- con el párrafo anterior, siempre que:

1. No exista fuga por la soldadura.
2. La presión de operación sea reducida a un valor -- que produzca un esfuerzo inferior o igual al 20% de la resistencia especificada a la cedencia.
3. Esmerilando el área defectuosa, se pueda asegurar que por lo menos queda en el tubo soldadura sana con espesor de 3.175 mm (1/8 pulgada).

Una soldadura defectuosa que no pueda ser reparada -- conforme a los incisos A, B y C deberá repararse soldando un aditamento completo de material y dimensiones adecuadas.

Si la fuga es debida a corrosión localizada en un punto, se puede reparar la fuga con una abrazadera diseñada especialmente para este caso, soldándola después de controlar la fuga. Si la fuga se debe a corrosión localizada en un -- punto en una tubería de 2.815 kg/cm<sup>2</sup> (40000 lb/pulg<sup>2</sup>) o menos de resistencia mínima especificada a la cedencia, la reparación podrá efectuarse soldando sobre el área afectada -- una placa de acero, con esquinas redondeadas del mismo o mayor espesor que el del tubo y de un tamaño no mayor que la -- mitad del diámetro del tubo.

#### VIII.4 PRUEBA DE LAS REPARACIONES

##### PRUEBA DE UN TUBO REEMPLAZADO

A. Si el tramo de tubería se reparó cortando y sustituyendo la porción dañada con un tramo de tubería, el tubo reemplazado debe ser probado en igual forma que un tubo nuevo instalado en esa localización.

B. La prueba citada en el párrafo anterior podrá efectuarse al tramo de tubo antes de instalarse, pero todas las soldaduras circunferenciales a tope efectuadas en el campo - que no hayan sido probadas, deberán aprobarse por algún método no destructivo.

Todas las reparaciones efectuadas con soldadura, siguiendo los lineamientos indicados en este capítulo deberán examinarse por métodos no destructivos.

##### PRUEBAS REQUERIDAS PARA REINICIAR EL SERVICIO DE UNA TUBERIA:

Toda línea de conducción que haya sido aislada totalmente deberá probarse siguiendo los mismos procedimientos -- que se establecen en el capítulo I.

##### PRECAUCIONES PARA PONER FUERA DE SERVICIO TEMPORAL O PERMANENTEMENTE UNA TUBERIA:

Para poner definitivamente o temporalmente fuera de servicio una tubería deberán tomarse las siguientes precauciones:

A. Depresionarla, posteriormente desconectarla de -- cualquier posible suministro y finalmente purgarla o drenarla.

## REFERENCIAS

- 1.- The New Encyclopedia Britannica, Helen Hemingway Benton E.E.U.U. 1975 p. 164.
- 2.- Collier's Encyclopedia, The Crowell-Collier Publishing - Co. E.E.U.U. 1971 p. 250.
- 3.- R.J. Forbes, "Petroleum". A History of Technology, the - late nineteenth century 1850 to 1900 vol. V, Singer, -- Holmyard, Hall y Williams Inglaterra 1978 pp. 104, 105.
- 4.- "50 años de la Industria Petrolera en México, Colegio de Ingenieros Petroleros de México A.C., México 1988 p. 15
- 5.- Idem al anterior p. 10
- 6.- "Memoria de labores de 1987" Petroleros Mexicanos, México 1988 p. 151
- 7.- F. Xavier Peredo, "Red Nacional de Ductos para el transporte y la distribución de hidrocarburos". Memoria del Congreso Nacional de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, Acapulco, Gro. 1975 pp. 172-184.
- 8.- Antonio Fresneda Coutín, "Protección contra la corrosión de pilotajes de acero en entornos marítimos". Revista -- ingeniería Civil No. B La Habana, Cuba. 1975 pp.177-183

## CONCLUSIONES

La construcción de un sistema para transporte de hidrocarburos por tubería, es dentro de la construcción pesada, una de las más interesantes especialidades de la Ingeniería Civil.

Las características de los trabajos que forman parte de su proceso constructivo, hacen de este tipo de obra de construcción una de las más duras, riesgosas y espectaculares que existen hoy en día.

Es por esto que para lograr hacer realidad un proyecto de una línea de conducción de hidrocarburos, de acuerdo a las normas y especificaciones que para ello establece la industria petrolera con un grado de seguridad y economía aceptables, el ingeniero civil debe hacer uso de sus conocimientos, sentido común y determinación.

Aunque todas las fases durante la construcción de una de estas obras son importantes, se puede considerar que las correspondientes al soldado y protección anticorrosiva, de la tubería con sus respectivas pruebas, son las más importantes. Esto se justifica por el hecho de que el soldado de la tubería garantiza la hermeticidad del ducto a lo largo de este; y la protección anticorrosiva determina la vida útil que puede llegar a tener el mismo. Por ello es importante prestarle gran atención a estas fases, cuidando que la calidad de los trabajos efectuados durante ellas, sea de lo mejor. Ya que de no hacerlo así, la operación del Sistema puede verse interrumpida ante la necesidad de efectuar trabajos de reparación, y en el más grave de los casos, por interrupciones provocadas por siniestros, con posiblemente no solo pérdidas materiales sino también humanas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- 50 años de la Industria Petrolera en México  
Colegio de Ingenieros Petroleros de México A.C. 1988
- 2.- Memoria de Labores de 1987  
Petroleos Mexicanos 1987
- 3.- El Petróleo en el Mundo  
Petroleos Mexicanos 1982
- 4.- A History of Technology the late nineteenth century  
Vol. V y VI Singer, Holmyard, Hall y Williams 1978
- 5.- Collier's Encyclopedia  
The Crowell-Collier Publishing Company 1971
- 6.- The New Encyclopedia Britannica  
Helen Hemingway Benton 1975
- 7.- Especificaciones Generales de Construcción  
Secretaría de Obras Públicas 2a. parte 1973
- 8.- Normas de Construcción de Obras Públicas  
de Petroleos Mexicanos
  - Norma 2.225.01 Diseño de Caminos para Instalaciones  
Petroleras 1976
  - 3.374.01 Sistemas de transporte 1a y 2a parte 1979
  - 3.101.02 Desmontes 1972
  - 3.102.02 Excavaciones 1976
  - 3.104.01 Despalmas 1976
  - 3.104.03 Cortes 1976
  - 3.104.04 Terraplanes 1976
  - 3.135.01 Instalación de Sistemas de Protección  
Catódica 1974
- 9.- Curso de Radiografía Nivel I  
American Petroleum Institute 1977
- 10.- Standard for Welding Pipe Lines and Related Facilities  
American Petroleum Institute API 1104 1977
- 11.- Oil Pipe Line Construction and Maintenance  
The University of Texas at Austin 1973
- 12.- Corrosion Control Handbook  
Pepco 1972
- 13.- Corrosion Handbook  
Herbert Uhling 1963
- 14.- Corrosion and Corrosion Protection of Underground Steel  
Pipelines Mannesmannrohren-Werke 1988

- 15.- Memoria del Congreso Nacional ( Acapulco, Gro. )  
Asociación de Ingenieros Petroleros de México 1975
- 16.- Memoria del Congreso Nacional ( Guadalajara, Jal.)  
Asociación de Ingenieros Petroleros de México 1982
- 17.- Requisitos Mínimos de Seguridad para el diseño, --  
construcción, operación mantenimiento e inspección  
de tuberías de transporte. Norma AVIII-1  
Petroleos Mexicanos 1979.