



57  
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE  
CONSTRUCCION DE LINEAS DE  
CONDUCCION PARA HIDROCARBUROS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A  
**MARIO GONZALEZ GOMEZ**

Director de Tesis:  
ING. ARMANDO ORTIZ PRADO

MEXICO, D. F. 1989

**FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	PAGS.
PROLOGO	
CAPITULOS:	
I.    INTRODUCCION.	1
II.   APERTURA DEL D.D.V., PERSONAL Y EQUIPO.	5
2.1 AMPLITUD DEL DERECHO DE VIA. . . . .	6
2.2 ZANJA. . . . .	6
2.3 PERSONAL Y EQUIPO . . . . .	9
III.  PRUEBAS DE SOLDADURA MATERIALES Y METO-	
DOS DE APLICACION. . . . .	14
3.1.1 INSPECCION VISUAL. . . . .	14
3.1.2 INSPECCION RADIOGRAFICA . . . . .	14
3.1.3 PRUEBA DE DOBLADO DE RAIZ Y CARA	15
3.2  REPARACION DE JUNTAS Y RECOMENDA-	
CIONES DEL CODIGO API 1104	17
3.3  RECOMENDACIONES PARA PREVENIR	
GRIETAS. . . . .	20
3.4  ACERO API PARA TUBERIAS. . . . .	21
3.5  CONTENIDO DE CARBONO Y MANGANESO..	22
IV.   SOLDADO DE TUBERIA. . . . .	23
4.1  SOLDADO EN LINEA REGULAR . . . . .	23
4.1.1 TENDIDO DE TUBERIA . . . . .	24
4.1.2 DOBLADO DE TUBERIA . . . . .	24

4.1.3	ALINEADO Y SOLDADO . . . . .	25
4.2	SOLDADO EN PANTANO . . . . .	26
4.2.2	PREPARATIVOS . . . . .	27
4.2.3	DISPOSICION DE PERSONAL Y EQUIPO . . . . .	27
4.2.4	LANZAMIENTO . . . . .	29
4.5	OBRAS ESPECIALES. . . . .	30
V.	PROTECCION MECANICA Y LASTRADO DE TUBERIA... .	59
5.1	LIMPIEZA EXTERIOR, PINTADO Y ESMALTADO DE TUBERIA . . . . .	59
5.1.1	MATERIALES PARA CUBIERTAS PROTECTORAS	60
5.1.2	APLICACION.- PROCESO DE ESMALTADO EN-CAMPO. . . . .	61
5.1.3	ESMALTADO EN PLANTA . . . . .	62
5.2	LASTRADO DE TUBERIA . . . . .	65
5.2.1	MATERIALES	65
VI.	PRUEBAS DE CONTROL PARA LA ENTREGA A OPERACION	75
6.1	PRUEBA HIDROSTATICA Y CORRIDA DE DIA - BLOS. . . . .	75
6.2	PROTECCION CATODICA. . . . .	77
6.2.1	CELDA GALVANICA . . . . .	78
6.2.2	CELDA DE CONCENTRACION . . . . .	79
6.2.3	CELDA ELECTROLICA . . . . .	79
6.2.4	SERIE ELECTROMOTRIZ. . . . .	81

	PAGS.
6.2.5 PROTECCION CATODICA A TUBERIAS. . .	82
6.2.6 PRUEBAS . . . . .	84
COMENTARIOS . . . . .	90
BIBLIOGRAFIA . . . . .	91

**\* NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE  
LINEAS DE CONDUCCION PARA HIDROCARBUROS \***

## PROLOGO

El presente trabajo tiene como objetivo establecer los conceptos y criterios utilizados para la construcción de líneas de conducción para hidrocarburos. Determinando la problemática existente en el tendido y mantenimiento, haciendo énfasis en las posibles soluciones; basándonos en una recopilación de datos bibliográficos y experiencias de profesionistas que han laborado directamente en este tipo de obras, auxiliándonos también en libros, códigos, normas y especificaciones que para tal efecto se han elaborado.

En la actualidad la industria petrolera es una de las más grandes e importantes en nuestro país, y es aquí donde más se ha experimentado en el campo del transporte de hidrocarburos por tubería; concluyéndose que, el medio más eficiente y económico para la transportación terrestre de los fluidos extraídos, son las tuberías subterráneas.

La tarea de enseñar y difundir conocimientos y experiencias adquiridas a través de los años de ejercicio profesional debe ser satisfactoria, sobre todo si con su aportación se puede lograr una capacitación tecnológica y práctica de aplicación inmediata, para alcanzar las metas que se han fijado para el desarrollo industrial. Es por ello también, el propósito de este trabajo, dotar de un auxiliar de información que complete la formación práctica sobre conocimientos y aplicaciones de las tuberías en el ámbito industrial.

## CAPITULO I

### CONSTRUCCION DE TUBERIAS

Históricamente se ha comprobado que cuando una civilización alcanza un cierto grado de desarrollo, inspira el deseo por ciertas clases de comodidades, para satisfacerlo alguna forma de sistema de ductos es inventado.

El uso de las tuberías es antiquísimo; tuberías de arcilla se han encontrado en Babilonia de 4000 años A.C., también se encontraron en las ruinas de Pompeya tuberías de plomo del año 87 A.C., tuberías de piedra perforadas se han usado por civilizaciones antiguas en todas partes del mundo. En EE.UU., se usaron hasta principios de 1900 tubos de madera.

El uso de tuberías de hierro fundido para conducciones de agua, siguió evidentemente a la invención de cañones de hierro fundido, la fabricación de tubería de hierro fundido para transporte de agua comenzó a principios del siglo XIX. La tubería de hierro fundido, quizá haya sido usada desde hace mucho tiempo, pero debido a su destrucción por la corrosión no ha sido encontrada ninguna evidencia.

Aunque las tuberías de acero ganaron una aceptación constante a finales del siglo XIX, y habiendo sido fabricadas en grandes cantidades en los inicios del siglo XX, las válvulas y accesorios continuaron siendo construídos de hierro fundido.



Las tuberías y accesorios para alta presión han sido fabricadas desde hace más de 30 años; uniones a prueba de fugas eran desconocidas hasta la aparición del proceso de soldadura. El primer proceso de soldadura usado fue el oxiacetilénico (soldadura autógena).

En la actualidad hay una gran cantidad de procedimientos para soldar, ya sean aceros de alto o bajo carbono, así también como aceros inoxidables y de metales no conocidos en los principios de la era del transporte por tubería.

A principios del siglo XX, cuando el emporio industrial americano en crecimiento y sus compañías vanguardistas sintieron la necesidad de unirse para formar una normalización, basada en ciertos problemas de horas-hombre, del diseño y costosos retrasos que aparecían a causa de la indecisión y además que querían garantizar la fabricación en masa de tuberías, equipo y conexiones para incrementar la confianza de los clientes con partes intercambiables.

Fue hasta 1918 cuando 5 de las mayores sociedades de ingeniería se unieron para formar la llamada American Standards Association (ASA), hoy conocida como American National Standards Institute (ANSI). La cual vino a poner punto final al desorden y poder servir como instrumento de autorización de estándares y normas de aplicación nacional, así como poder promover la eventual adopción de normas internacionales.

Existen en la actualidad organizaciones de normalización que-

operan en todo el mundo, siendo la mayoría, miembros de la Organización Internacional de Estandarización. (ISO).

Los códigos normas y especificaciones pueden ser obtenidos en los organismos siguientes:

- ANSI - American National Standards Institute.
- ASME - American Society of Mechanical Engineers.
- API - American Petroleum Institute.
- ASTM - American Society for Testing Materials.
- AWS - American Welding Society.
- AWWA - American Waters Works Association.
- AISI - American Iron and Steel Institute.
- DGN - Dirección General de Normas.

La importancia de las tuberías en la actualidad es tal, que no existe ninguna planta industrial, ciudad, campo petrolero, etc., donde no exista un sistema de transporte por medio de tuberías, las cuales reciben el nombre de gasoductos, cuando transportan gas; oleoductos para transporte de petróleo crudo, poliductos para el transporte de productos diversos, acueductos para transporte de agua, etc.

El transporte de fluidos por tuberías presenta las ventajas siguientes:

1. Abatimiento de los costos de transporte con el tiempo.
2. Continuidad en el transporte de los fluidos.
3. Transporte de fluidos independientemente de las condiciones

climatológicas.

4. Mayor seguridad en el manejo de los fluidos.
5. Mejor control de los volúmenes manejados.

## CAPITULO II

### APERTURA DEL DERECHO DE VIA: PERSONAL Y EQUIPO

De acuerdo a las necesidades prioritarias del país, Petróleos Mexicanos solicita a la SPP autorización para la construcción de sus proyectos de expansión. Una vez autorizado el presupuesto y asignadas o concursadas las obras, se inician los trabajos con la apertura del derecho de vía (D.D.V.)

La empresa gestionará todos los permisos ante las dependencias oficiales para la construcción de las líneas de conducción así como también los trámites necesarios para ocupar la franja de terreno por donde pasará (n) la (s) línea (s) de conducción; por medio de su departamento de ingeniería legal; también los permisos ante otras empresas, para cruzar otras líneas en operación, carreteras, vías de ferrocarril, ríos o ductos eléctricos.

Así como los permisos para la apertura de los caminos de acceso al derecho de vía (D.D.V) con anticipación a la iniciación de los trabajos programados sobre el derecho de vía; que deberá de quedar libre de árboles, matorrales, troncos y basura para ejecutar la conformación y nivelación del terreno; facilitando así la construcción de las zanjas y el tránsito de vehículos (equipo).

Se dará también al constructor el trazo definitivo de la li -

nea marcando el eje de ésta con estacas a cada 50 metros y estacas de referencia a cada 200 metros fuera del derecho de vía y en el lado opuesto al eje de la zanja.

La construcción del derecho de vía debe dar hasta donde sea posible un perfil de tramos los más rectos posibles o semejantes 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 apuntalamientos o depresiones del terreno durante el tendido y que la tubería se apoye en toda su longitud cuando se baje en la zanja.

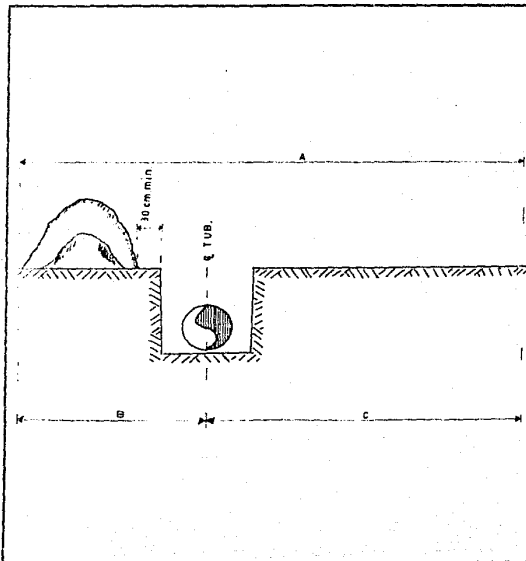
#### 2.1 AMPLITUD DEL D.D.V.

La amplitud del D.D.V. y conformado, es para propósitos de construcción y va de acuerdo al diámetro de la tubería y a la topografía del terreno.

En el (los) proyecto (s) debe encontrarse el ancho necesario para todos los casos que puecan presentarse. Para todos los casos de zanjas de paredes verticales, se cumplirán los anchos mínimos siguientes. (Ver. fig. No. 1)

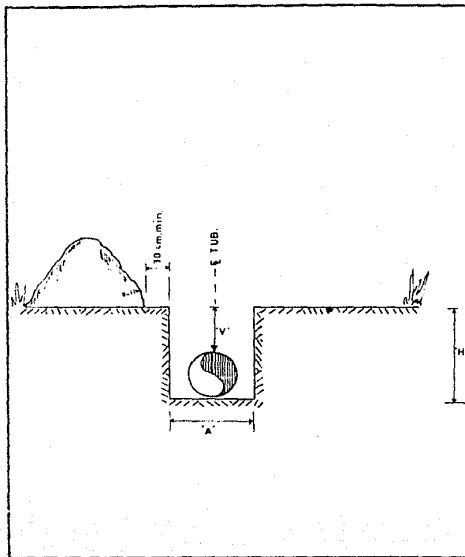
#### 2.2 ZANJA

La zanja para alojar la (s) tubería (s) deberá cumplir con la anchura y profundidad mínima, que nos indican las especificaciones. (Ver fig. No.2). El eje de la zanja deberá quedar debidamente alineado, siguiendo el trazo estacado.



DIAM NOM PULG	DIMENSIONES EN MTS		
	A	B	C
4 A B	10	3	7
10 A TB	13	4	9
20 A 4.2	15	5	10

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 DERECHO DE VIA  
 TESIS PROFESIONAL 1980  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING MEC ELECT. FIG Nº1



DIAM. TUB. PULG.	'A' ANCHO C.M.S.	'H' PROF. C.M.S.	'L' COLCHON C.M.S.
2	50	70	80
3	50	70	80
4	50	70	80
6	50	75	80
8	50	80	80
10	55	95	70
12	80	100	70
14	85	115	80
16	70	120	80
18	80	110	80
20	95	150	100
24	90	160	100

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

ZANJAS PARA TUBERIAS

TESIS PROFESIONAL 1989

MARIO GONZALEZ GONZALEZ

ING. MEC. ELECT.

FIG N° 2

La maquinaria para la construcción de la zanja se seleccionará de acuerdo al tipo de material que se pueda encontrar a lo largo del D.D.V. y serán las siguientes:

1. Máquina zanjadora
2. Máquina retroexcavadora.
3. Draga de succión
4. Draga de arrastre
5. Pico y pala (para excavaciones donde no hay acceso a maquinaria, cruce de otras líneas o zonas peligrosas).

### 2.3 PERSONAL Y EQUIPO.

Antes de iniciar la ejecución de las obras la constructora deberá asentar sus instalaciones en un lugar cercano y de fácil acceso al D.D.V.; con talleres de mantenimiento de equipo, plantas esmaltadoras, plantas lastradoras, bodegas de almacenamiento de materiales, etc.

El personal contratado deberá ser calificado, contar con la experiencia necesaria, y el equipo deberá estar en buenas condiciones para la realización óptima de los trabajos.

A continuación se enumera el personal y equipo por fase de construcción, en líneas de conducción de 12" de diámetro y mayores.



## 2.3.1 PERSONAL.

## FASE DE SOLDADURA

- 1 sobrestante de soldadura
- 8 soldadores en línea regular
- 1 soldador en reparaciones
- 9 ayudantes de soldador
- 1 alineador
- 20 obreros
- 6 choferes de camión 9-Ton-Cap.
- 3 operadores tractor pluma D-8
- 1 mecánico de combustión interna
- 1 op. de dobladora hidráulica
- 1 electricista
- 1 chequeador de tiempos y avances
- 5 ayudantes
- 3 biseladores
- 5 esmaltadores (en lanzamiento)
- 2 veladores
- 4 op. camión plataforma 30 Ton. (tendido de tubería)

## FASE ESMALTADO

- 1 sobrestante
- 3 caldereros
- 1 chofer camión 3 ton.
- 2 op. tractor pluma D-8

2 ayudantes  
5 parchadores de esmalte  
1 velador

FASE EXCAVACION  
(EN TERRENO FIRME)

1 op. de zanjadora  
5 ayudantes  
1 topógrafo  
2 ayudantes  
2 velador

(EX PANTANO)

1 op. retroexcavadora  
1 ayudante  
1 velador

FASE BAJADO Y TAPADO

1 op. de tractor hull D-9  
(Se utilizan además los operarios del frente de esmaltado).

FASE DE TRABAJOS ESPECIALES

1 sobrestante  
3 soldadores  
3 ayudantes de soldador

3 esmaltadores  
3 ayudantes de esmaltador  
1 op. de retroexcavadora  
1 ayudante  
1 op. de dobladora hidráulica  
1 chofer  
1 op. de tractor pluma D-8  
1 ayudante de op. tractor  
5 obreros

### 2.3.2 EQUIPO

El equipo deberá ser el necesario para cumplir con los requisitos de ejecución de los trabajos, dentro de las normas y del programa establecido.

#### FASE DE SOLDADURA

4 maq. "twin" de 300 amp. combustión interna  
1 maq. de soldar 300 amp. comb. int.  
4 camiones 9 ton.  
1 camión 3 ton.  
1 clamp. (alineador interior)  
1 compresor (para accionar alineador)  
5 tractores pluma D-8  
1 dobladora hidráulica  
1 biseladora oxiacetilénica  
3 esmeriles angulares

## FASE DE ESMALTADO

1 camión 3 ton.  
2 tractores pluma D-8  
1 caldera para esmalte  
1 máquina esmaltadora  
1 máquina cepilladora  
1 máquina de impresión

## FASE DE EXCAVACION

1 máquina zanjadora  
1 máquina retroexcavadora  
1 draga de succión  
1 draga de arrastre

## FASE DE BAJADO Y TAPADO

1 tractor bull D-9

## CAPITULO III

## PRUEBAS DE SOLDADURA, MATERIALES Y METODOS DE APLICACION

La fase más importante donde recae el peso de la obra es sin duda alguna la fase de soldadura; por esto, el personal implicado en ésta deberá someterse a un examen de capacidad y aptitud. Aquí cada soldador practica una probeta o dos en las mismas condiciones a las que tendrá en la construcción de la línea, cuando el soldador termina de fabricar su junta ésta pasará por las siguientes inspecciones:

Inspección visual

Inspección radiográfica

Prueba de doblado de raíz y cara.

## 3.1.1 INSPECCION VISUAL

Aquí se observa si el soldador tiene habilidad y capacidad; - se le califica la calidad del trabajo, revisando específicamente la zona de la junta en la corona inferior del tubo y - en general que en el proceso de la fabricación de la soldadura, se apege fielmente a las recomendaciones del código API.

## 3.1.2 INSPECCION RADIOGRAFICA

Si el operario aprueba la inspección visual anteriormente desu

crita; su probeta se turnará a la inspección radiográfica, de la cual se hablará en otro capítulo.

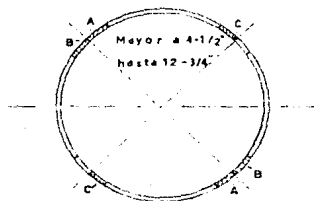
### 3.1.3 PRUEBA DE DOBLADO DE RAÍZ Y CARA.

Una vez aprobadas las inspecciones anteriores, llamadas también pruebas no destructivas, se aplica la última prueba de doblado de raíz y cara (en tubería de hasta media pulgada de espesor), que consiste en dos especímenes de una pulgada de ancho y ocho pulgadas de largo que son cortados de la probeta examinada; se enrasan las superficies esmerilando los cordones de refuerzo del espécimen; éste deberá ser doblado con una guía dobladora (API 1104).

El espécimen de doblado de cara deberá colocarse, con la cara de la soldadura hacia afuera. (Ver. fig. No.3) y el espécimen de doblado de raíz deberá colocarse con la raíz de la soldadura hacia afuera.

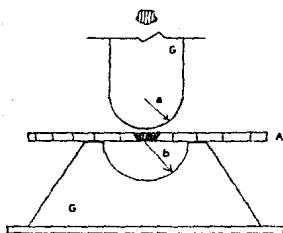
Esta prueba deberá considerarse satisfactoria si no hay agrietamientos y otros defectos que excedan de 1/8 de pulgada o de la mitad del espesor nominal de opared en la soldadura o entre la soldadura y la zona de fusión.

Cuando se ha aprobado ésta última prueba se considera al soldador apto y se le entrega un número clave, el cual deberá estampar junto a las soldaduras elaboradas por él; con el fin de controlar en la producción de soldaduras, las juntas defectuosas, para su posterior reparación y llevar también una

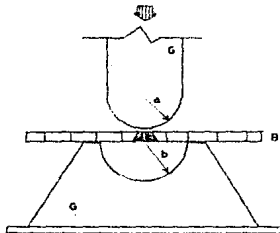


- A - Para doblado de cara  
B - Para doblado de raíz  
C - Para prueba de tensión

OBTENCION DE PROBETAS DE ENSAYO



PRUEBA DE DOBLADO DE CARA



PRUEBA DE DOBLADO DE RAIZ

- G - GUIA DOBLADORA (A PI 1104)  
a - RADIO DEL MANDRIL ( $1\frac{3}{4}$ " )  
b - RADIO DEL SUFRIDOR ( $2.5\frac{1}{16}$ " )

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

PRUEBAS DE DOBLADO

TESIS PROFESIONAL 1989

MARIO GONZALEZ GOMEZ

ING. MEC. ELECT.

FIG Nº 3

estadística del o los operarios que tengan frecuentemente defectos en sus juntas; con el objeto de exhortarlos a mejorar o definitivamente reemplazarlos.

### 3.2 REPARACION DE JUNTAS Y RECOMENDACIONES DEL CODIGO API 1104

El código API 1104 recomienda que para la construcción de -- líneas de conducción sobre distancias largas o apreciables, -- la técnica o el método empleado será el "vertical descendente", que para espesores de tubería de hasta media pulgada resulta rápido y económico, teniéndose juntas con varios cordones menores, empleándose corriente y velocidad de avance elevados.

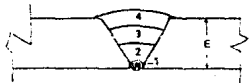
Para la preparación de juntas en tuberías, mayor de 8" de diámetro, esta norma requiere el uso de alineadores neumáticos - interiores para evitar desnivles o altibajos (Hi-Lo) mayores de (1/16").

Para tuberías de 4 a 6 pulgadas de diámetro, se usará alineador exterior o "canasta".

Luego de alinearse la tubería para soldarse, se deben de cumplir los siguientes requisitos (Ver. fig. No. 4a)

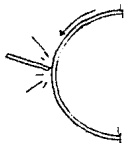
1. Que la abertura del bisel a soldar esté limpia de pintura, escoria, óxido o grasa.
2. Que la abertura sea de un ángulo total de 65 a 75 grados; - como promedio 70 grados en el bisel.



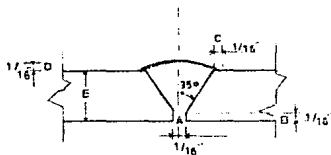


(b)

- 1 - FONDED
- 2 - PASO CALIENTE
- 3 - RELLENO Y ENRASE
- 4 - CORDON DE VISTA



TECNICA VERTICAL DESC.



(a)

- A - ABERTURA DE RAIZ
- B - HOMBRO
- C - TRASLAPE
- D - REFUERZO
- E - ESPESOR TUBO



TECNICA VERTICAL ASCENDENTE

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

PREPARACION DE JUNTAS

TESIS PROFESIONAL 1980

MARIO GONZALEZ GOMEZ

ING. MEC. ELECT.

FIG. Nº 4

3. Que el refuerzo nunca sea mayor de  $1/16''$
4. Que el traslape de la soldadura sobre el labio del bisel - sea de  $1/16''$  por lado.
5. Que nunca se suelde sin abertura de raíz.
6. Que la abertura de la raíz sea de  $1/16''$ .
7. Que nunca se suelde sin hombro y este sea de  $1/16''$ .

Nota: El código API 1104 establece una tolerancia de  $1/32''$  en todos estos puntos.

Además este código exige en la producción de soldaduras de líneas de conducción; que el proceso de ejecución de juntas sea el siguiente:

(Ver fig. No. 4b)

1. Cordón inicial o fondeo.
2. Paso caliente.
3. Cordones de relleno y enrase.
4. Cordón de vista o cierre.

#### CORDON INICIAL O FONDEO.

Una vez alineada la tubería como se describe en el párrafo anterior, se efectúa el primer cordón o fondeo, que es el más importante en todo el proceso de soldadura.

#### PASO CALIENTE.

En este paso se aplica el electrodo con alta corriente a tem-

peratura elevada (polaridad invertida) a todo lo largo del fondeo, con el objeto de eliminar las socavaciones y hacer flotar las escorias depositadas en el primer cordón, se hace notar que este paso se usa exclusivamente para proceso de soldadura con electrodos revestidos; en proceso MIG; soldadora con pantalla protectora; este paso se aplica normalmente como un cordón de refuerzo. ya que en este proceso, el primer cordón está libre de socavaciones y escorias.

#### CORDONES DE RELLENO Y ENRASE

Dependiendo del espesor de la tubería se aplican estos cordones hasta llenar completamente la ranura del bisel.

#### CORDON DE VISTA O CIERRE

Este es el último cordón de la junta, el cual deberá tener buena apariencia y homogeneidad, cumpliendo con los requisitos descritos en las recomendaciones del Código API.

### 3.3 RECOMENDACIONES PARA PREVENIR GRIETAS

Del análisis del acero de la tubería y de la temperatura ambiente, depende la tendencia del material a sufrir grietas; para evitar éstas deben usarse las mejores tácticas de soldadura para las líneas de conducción, y en muchos casos precalentarse la tubería; para esto se dan dos sugerencias;

- a) A mayor proporción de carbono o de aleaciones en el acero de la tubería, la tendencia del material a sufrir grietas aumenta. Se pone especial cuidado en verificar que el acero contenga, la cantidad de carbono próxima al máximo admitido, o contando con una mayor proporción de otros elementos de aleación. Es más probable que ocurran agrietamientos en las tuberías de más alta resistencia.
- b) Con la experiencia y habilidad en la construcción de líneas de conducción, se podrán evitar la mayor parte de las grietas, siguiendo estos pasos:
1. Aplíquese un fondeo tan grueso como sea posible.
  2. Aplíquese el paso caliente lo más rápido posible.
  3. Precaliéntese la tubería de ser necesario. Más las tuberías de alto carbono de alta aleación y en zonas frías.

#### 3.4 ACERO API PARA TUBERIAS.

En líneas de conducción, sobre distancias largas para hidrocarburos y sus derivados, la serie más comunmente usada para tuberías subterráneas; es la serie API 5LX cuyo significado es el siguiente:

5L: Especificación para tuberías de conducción.

X: Designación de la calidad para tuberías de conducción de resistencia alta.

Los dos números que siguen a la "X" corresponden al límite mí-

nimo de fluencia expresados en miles de lbs/pulg.<sup>2</sup> Por ejemplo X52 nos determina el límite mínimo de fluencia de 52,000-lbs./pulg.<sup>2</sup>

### 3.5 CONTENIDO DE CARBONO Y MANGANESO.

Cuando el contenido de carbono y manganeso en el acero de la tubería, se aproxima al máximo permitido por especificaciones, es muy difícil de soldar sin producir grietas en la tubería.

Por este motivo se pretende emplear tuberías con proporciones menores de carbono y manganeso adicionando otros aleantes como el niobio que garantiza excelentes propiedades mecánicas aunadas con buena soldabilidad.

Cuando el análisis de la tubería se acerca a los máximos permitidos vease 3.3, "Recomendaciones para prevenir grietas" y tabla No.1

TABLA 1

PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION	CLASE	CARBONO % Máx	MANGANESO % Máx	FOSFORO % Máx	AZUFRE % Máx
ACERO PARA TUBERIA CON COSTURA Horno eléctrico Siemens-Martin Linc-Donawitz o Bessemer Básico desoxidado y calmado.	—	—	—	—	—
SIN EXPANDIR	X 42	0.28	1.25	0.04	0.05
SIN EXPANDIR	X 46, X 52	0.30	1.35	0.04	0.05
EXPANDIDO EN FRIO	X 42, X 46, X 52	0.28	1.25	0.04	0.05
SIN EXPANDIR O EXPANDID. EN FRIO	X 56, X 60	0.26	1.35	0.04	0.05
SIN EXPANDIR O EXPANDID. EN FRIO	X 65	0.26	1.40	0.04	0.05

ACERO API PARA TUBERIAS - PROPORCIONES MAXIMAS -

## CAPITULO IV

## SOLDADO DE TUBERIA

Cuando el D.D.V. presenta un avance de conformado mayor al 50% y el constructor ha recibido los materiales de construcción, como tuberías, accesorios, materiales anticorrosivos, etc., y el personal calificado apto, se inicia la fase de soldadura y su organización es la siguiente:

Soldadura en línea regular.

Soldadura en pantano (lanzamiento)

Obras especiales.

Estos conceptos de obra se pueden ejecutar uno a uno, combinados o todos a la vez, dependiendo de la fuerza de trabajo de la contratista, de la magnitud del proyecto y programa de construcción.

#### 4.1 SOLDADURA EN LINEA REGULAR

Se llama frente de soldadura en línea regular, al conjunto de trabajadores y equipo que producen soldadura en terreno firme, en forma continua, a todo lo largo del D.D.V. mientras no haya un obstáculo que imposibilite esta continuidad, como caminos de acceso, vías de ferrocarril, carreteras, ríos y arroyos.

#### 4.1.1 TENDIDO DE TUBERIA

La tubería de proyecto API 5LX desnuda con extremos biselados para soldar, se tiende a todo lo largo del D.D.V sobre terreno firme, con mucho cuidado para no causarles abolladuras y defectos en los biseles.

#### 4.1.2 DOBLADO DE TUBERIA

Al mismo tiempo del tendido de tubería, se construyen las curvas verticales siguiendo el contorno natural del D.D.V. y las curvas horizontales de proyecto por cambio de dirección.

#### RECOMENDACIONES API QUE DEBEN CUMPLIRSE EN LA CONSTRUCCION DE CURVAS.

1. Se rechazan todas las curvas que tengan pliegues.
2. Para doblar tubería de 12" de diámetro o menor se permitirá zapata dobladora.
3. Para doblar tubería mayor de 12" de diámetro se exigirá dobladora hidráulica.
4. El radio mínimo de la curva deberá ser de 30 de diámetro de la tubería doblada.
5. Todas las curvas que se construyan deberán iniciar a 1.80 mts. del extremo del tubo.



#### 4.1.3 ALINEADO Y SOLDADO

Para el soldado de tubería en línea regular la producción de soldaduras, debe ser en forma programada, de tal manera que se produzcan juntas rápidas y seguras. Esta programación será de la siguiente manera:

Se tendrá una "caravana" de cuatro "twins" (twin-camión 9 ton. cap. con dos máquinas de soldar, abordo, de combustión interna, y pueden ser de arco metálico de electrodo consumible o de proceso MIG. Todos formados, avanzando en dirección de la construcción de la línea. La función de cada uno se describe abajo.

Twin 1.- Este camión además de las máquinas soldadoras, carga un compresor de aire para accionar el alineador interior.

En esta zona se alinea la tubería y se aplica el primer cordón a fondeo-Técnica vertical descendente-.

En este twin van los soldadores más aptos, porque como ya se dijo anteriormente, que el primer cordón requiere de mayor capacidad y experiencia al aplicarlo.

Twin 2.- Aquí otros dos soldadores aplican el cordón de pasocaliente. (En proceso MIG. Se efectúa un cordón de refuerzo).

Twin 3 y 4.- Estos son los pasos de enrase, relleno y cordón de vista.

Cuando los twins 1 y 2 dejan atrás a los de relleno; aquellos se dedican a rellenar también las juntas, para emparejar el número de uniones completas, ya que las especificaciones no permiten dejar las juntas inconclusas para el día siguiente.

Todas las tuberías alineadas y soldadas, deberán quedar soportadas sobre polines a una altura de 40cms. mínimo del piso, esto facilita la soldadura sobre cabeza de la línea, la inspección radiográfica y la aplicación de la protección anticorrosiva.

También hay un camión con una máquina de soldar abordo y un soldador disponible encargado de reparar las soldaduras defectuosas.

#### 4.2 SOLDADO EN PANTANO. (LANZAMIENTO).

El proceso continuo de soldar a tope tubería lastrada, tramo a tramo y botar éstos, desde una plataforma a una zanja cubierta con agua en zonas pantanosas, zonas bajas, cruces de ríos o en el mar se le llama lanzamiento de tuberías.

A lo largo del D.D.V. existen obstáculos naturales que imposibilitan el desarrollo de la producción de soldaduras en línea regular, donde es imposible transitar con equipos propios de construcción; es aquí donde se utiliza la técnica de lanzamiento.

#### 4.2.2 PREPARATIVOS

Se conforma la plataforma de lanzamiento, si es necesario con material de terracerías, cuando el terreno así lo requiera. Esta plataforma comunmente tiene las dimensiones de 60 x 40 - mts. y su organización es la siguiente (Ver fig. No. 5).

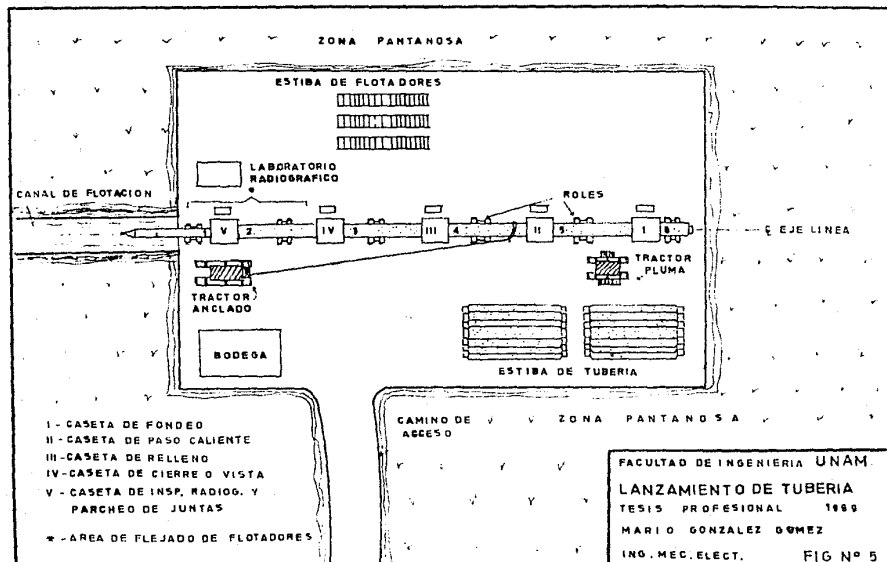
Esta plataforma recibe comunmente el nombre de "Pera de lanzamiento".

Esta "Pera de lanzamiento" cuenta con un área de fabricación de juntas a lo largo del eje definitivo, donde se alojará la línea, un área para bodega de materiales y herramientas, un área de estiba de tubería lastrada, área para laboratorio de inspección radiográfica, área de estiba de flotadores y un área de flejado de flotadores.

Al centro del trazo o eje definitivo se colocan 6 roles que son soportes estructurales, que contienen una serie de rodillos inclinados donde descansa la tubería y se efectúa la soldadura de lanzamiento.

#### 4.2.3 DISPOSICION DE PERSONAL Y EQUIPO

La formación de los soldadores en la "Pera de lanzamiento" es inversa a la formación en línea regular; en lanzamiento de tubería los operarios tienen sus equipos de soldar fijos y cuentan con una caseta protectora contra ráfagas de aire y contra los rayos del sol. Se colocan 5 casetas sobre el eje de la lí



nea y quedan sobre las juntas a fabricar, sobre los roles tomando en cuenta el promedio de longitud de la tubería y se distribuyen en el área de fabricación de juntas en el sentido de lanzamiento, como sigue:

I.- Fondeo

II.- Paso caliente

III.- Relleno

IV.- Cordón de vista

V.- Inspección radiográfica y parcheo de juntas.

#### 4.2.4 LANZAMIENTO

Sobre los roles se colocan soldados 4 tramos de tubería lastrada y uno desnudo con tapón. Se alinean y se aplica el primer cordón al sexto tubo en la caseta de fondeo No. I; un tractor D-9 llamado "lanzador", anclado junto al canal de flotación, provisto con malacate jala desde el tubo No. 4 ó 5 hasta que la junta fondeada, quede bajo la caseta No. II; donde se le aplica el paso caliente y el tubo desnudo del extremo con tapón, se bota al canal de flotación; y el tubo No. 2 se le flejan en el lomo superior los flotadores.

A su vez en la caseta No. I se alinea y fondea el tubo No. 7 ya fondeado, se jala otra vez con el malacate del tractor, y el tubo No. 2 se bota al agua; al tercero se le colocan los flotadores y el sexto pasa a la caseta del relleno, y así sucesivamente hasta terminar el lanzamiento.

Todas las juntas se radiografían y parchan con esmalte en la caseta No. 5.

Los resultados radiográficos se darán lo más rápido posible en campo.

Para esto se exigirá al técnico radiográfico, equipo y materiales radiográficos de reciente adquisición.

En caso de defectos condenables, si los hubiera en lanzamiento, se repararán inmediatamente en campo y se volverá a tomar la radiografía de la junta afectada.

El tramo de tubería desnuda con tapón, se coloca con el fin de que la punta de lanzamiento tenga más flotabilidad, no se adhiera dentro de la zanja y se dirija mejor el lanzamiento; una vez terminado éste, el tramo desnudo se corta.

#### 4.5 OBRAS ESPECIALES

Las obras especiales, son los trabajos que implican mayor grado de dificultad en su ejecución y así mismo mayor costo.

Como trabajos especiales se dan los siguientes ejemplos:

Cruce de vías terrestres

Cruce de ríos

Trampas de diablos

#### 4.3.1. CRUCE DE CARRETERAS

Pueden llevarse a cabo por dos métodos diferentes que son:

Cruce por túnel (barrenado)

Cruce a cielo abierto

##### 4.3.1 (a) CRUCE POR TUNEL O BARRENADO

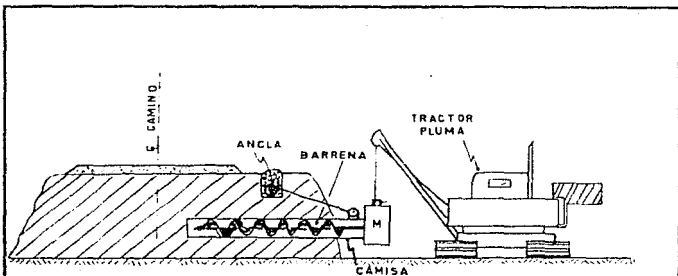
Esta operación se efectúa colocando un tramo, en forma perpendicular a la carretera, de tubería de mayor diámetro que la línea conductora, llamada camisa o chaqueta, y será unos cuantos metros más larga que el ancho de la vía a cruzar; -- contendrá en su interior, una barrena sin fin extensible del mismo diámetro; y al nivel en el eje definitivo de la línea de conducción; paralelamente sobre límites de la carretera, se coloca un anclaje donde se fija el cable que tirará el malacate, colocado al extremo contrario de la camisa; donde está también el motor que acciona la barrena.

Cuando se cruza la carretera, se introduce la sección de la línea conductora, esmaltada, con sus separadores, sellos en los extremos y sus ventilas (Ver fig. 6a y 6c).

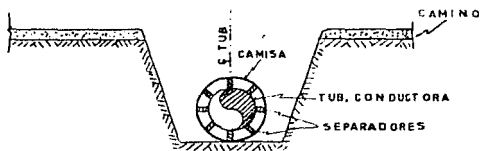
A este concepto de obra se le llama también protección mecánica.

##### 4.3.1 (b) CRUCE A CIELO ABIERTO

Cuando la tubería de conducción es de gran diámetro o no se



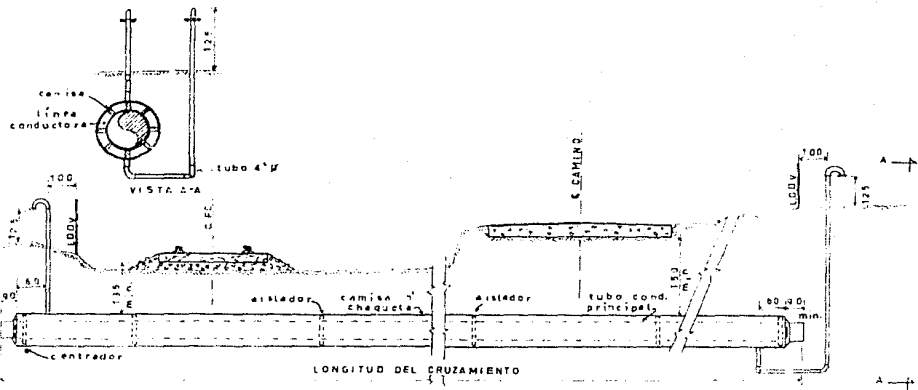
(a)  
BARRENADO



(b)  
A CIELO ABIERTO

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 CRUCE DE VIAS  
 TESIS PROFESIONAL 1980  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG N° 6





(C)

NOTAS scol. en cm.

LDV - Límite De Derecho de Vía

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 CRUCE DE VIAS TIPO  
 TESIS PROFESIONAL 1989  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG. N° 6

dispone de las barrenas adecuadas, el cruce se efectúa de la siguiente manera:

Primeramente se construye, una desviación de terracerías en la zona afectada por el cruce; para no entorpecer el tránsito de vehículos, con los debidos señalamientos de seguridad. Se corta la carretera a nivel requerido y se deposita sobre el trazo definitivo, la camisa preparada con la sección de tubería conductora en su interior. (Ver fig. 6b y 6c).

#### 4.3.2 CRUCE DE RIOS

Los cruces de ríos implican un gran volúmen de obra y por ende, un gran despliegue de personal y equipo; tan es así que casi siempre estos trabajos se contratan independientemente de los contratos de la línea en ejecución, por constructoras especializadas.

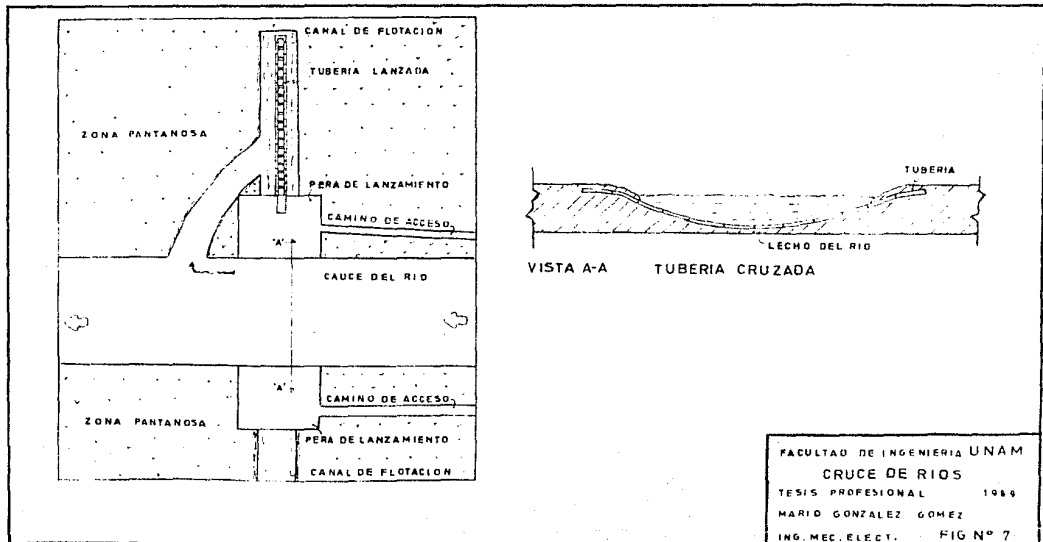
Se inicia el cruce con los trabajos de terracerías; construcción de caminos de acceso y "Peras de lanzamiento", sobre el eje definitivo de las líneas. (La línea conductora principal, por proyecto siempre tiene un "by pass" en los cruces de ríos) Previamente se ha elaborado un perfil del lecho del río (Batimetría) sobre el cual se excavará la zanja con una draga de succión; al mismo tiempo con una draga de arrastre, montada sobre un chalan, se efectúa la construcción del canal de lanzamiento sobre el extremo opuesto de la "Pera de lanzamiento", sobre la margen del río que se ha escogido para cruzar la lí-

nea (Ver fig. No. 7). Cuando se termina de construir el canal se prepara el lanzamiento tal como en la sección 4.2.4. Así con las líneas flotadas y radiografiadas sobre el canal, se practica la prueba hidrostática; que debe durar mínimo 24 hrs.

Estas líneas deberán medir unos metros más que el ancho del río, para la posterior colocación de las válvulas de seccionamiento.

Con un malacate de potencia anclado en la margen opuesta del río se cruza un cable de acero hasta el extremo de la línea lanzada, con la ayuda de un remolcador; se ata a ésta, se eliminan algunos flotadores, para que la línea forme una catenaria lo más cercana posible a la excavación del lecho del río, y así la línea, al desflejar los flotadores, no sufra deformaciones permanentes, al caer desde el espejo de agua al fondo. Se rompe la "Pera de lanzamiento" por el eje de la línea, para unir el canal de flotación con el cauce del río. Accionando el malacate se cruza (n) la(s) línea(s) cuidando el trazado definitivo; se eliminan los flotadores y la línea queda alojada dentro de la zanja, en el fondo del río; se verifica con buzos su alineamiento.

Terminando el cruce se continúan los trabajos, colocando las válvulas de seccionamiento en cada margen del río, y estas deben ser de paso completo, además de las conexiones y accesos del "by pass".



#### 4.3.3 TRAMPA DE DIABLOS

Se denomina trampa de diablos a los dispositivos contruidos en la línea y que se usan para introducir o extraer el elemento limpiador llamado "diablo" (Ver fotog. No. 1). Las hay sencillas y dobles (de envío o recibo las sencillas y de envío y recibo las dobles).

Se construyen estas trampas de diablos a lo largo de la línea y su número depende de la longitud de esta y del producto a manejar (Ver fig. No. 8 y fotog. No. 2).

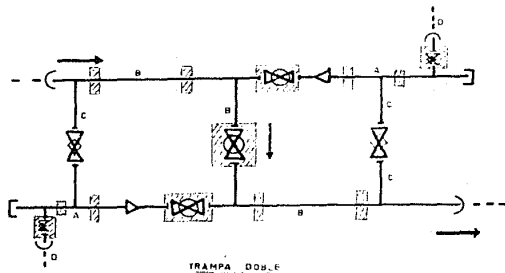
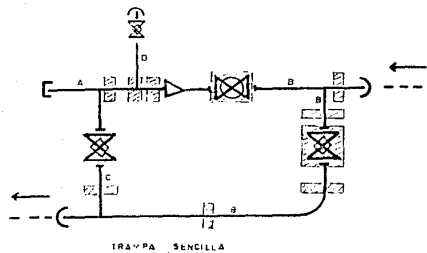
#### 4.4 INSPECCION RADIOGRAFICA

Para inspeccionar la calidad de las soldaduras, existen varias pruebas no destructivas, a las que se someten las juntas por calificar, como las que mencionamos abajo las cuales apoyan la supervisión en la construcción de líneas de conducción.




- 1.- Rayos X
- 2.- Rayos  $\gamma$  (Iridio 192)

Las más comunes para este tipo de obra son las inspecciones radiográficas a base de rayos X y rayos  $\gamma$  (Iridio 192); cuyos procesos de inspección y calificación de soldaduras están basados en el código No. 1104 "Standard For Welding Pipe Lines An Related Facilities" del API.

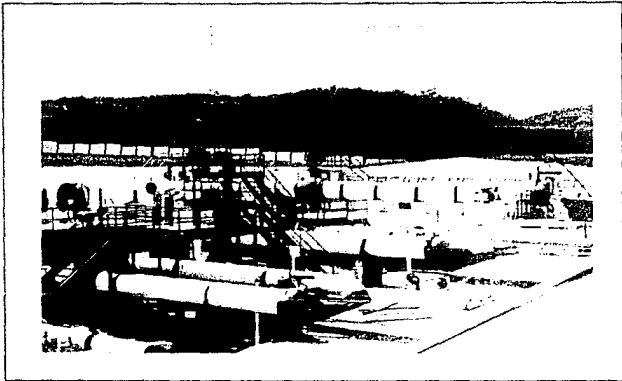
ANSI B 31.4 Para los sistemas de tubería para el transporte de petróleo crudo.



TUB.	TUBERIAS			
	A	B	C	D
4"	8"	4"	2"	2"
6"	8"	6"	3"	3"
8"	10"	8"	4"	3"
10"	12"	10"	4"	3"
12"	14"	12"	4"	3"
14"	16"	14"	5"	3"
16"	18"	16"	5"	4"
18"	20"	18"	5"	4"
20"	22"	20"	6"	4"
24"	26"	24"	6"	5"

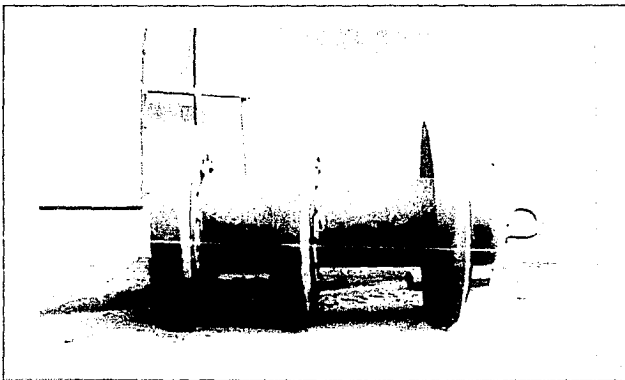
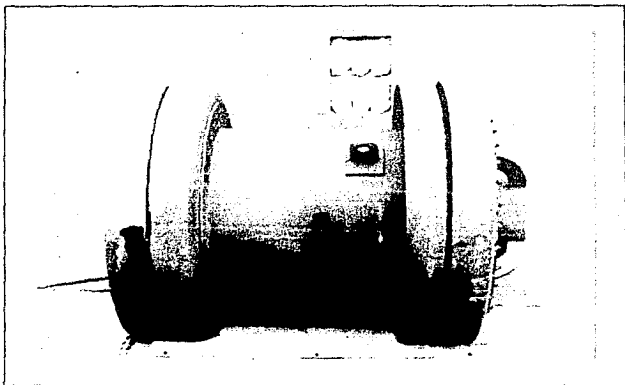
-  - Valvula de compuerta (paso completo)
-  - Valvula macho
-  - Base de concreto

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 TRAMPAS DE DIABLOS  
 TESIS PROFESIONAL 1969  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG N° 8



TRAMPAS DE DIABLOS.

FOTOG. N° 1



DIABLOS DE COPAS.

FOTO G. N° 2



## ASME Sección VIII

Para inspeccionar los trabajos de soldadura, se cuenta con un laboratorio móvil con personal especializado para tomar las juntas terminadas, cuyos resultados deberán entregarse como máximo al día siguiente, con el objeto de reparar las juntas defectuosas.

En línea regular la inspección radiográfica siempre avanzará - 300 mts.. atrás del frente de soldadura, con el fin de no entorpecer los trabajos, al laborar cerca del personal que puede radiarse con el equipo radiográfico. (Material radiactivo). En obras especiales y lanzamientos, la unidad radiográfica deberá estar fija en campo con material de reciente adquisición para tomar y dar los resultados lo más rápido posible.

Por norma todas las juntas defectuosas aceptaran tres reparaciones, por el mismo defecto. Si en la tercera toma radiográfica se tuvieran defectos, la junta se cortará en su totalidad y se fabricará una nueva.

El proyecto de obra especificará el porcentaje de tomas radiográficas que puede ser del 100%, 66%, 33%.

Se podrán hacer reparaciones sólo cuando se cumplan las siguientes condiciones.

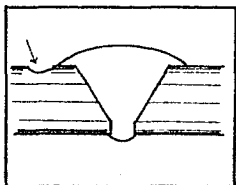
- 1.- Cuando se necesite más de una reparación por cada 12" de soldadura.
- 2.- Cuando la distancia mínima entre reparaciones sea mayor de 6".

3.- Cuando se necesiten tres o menos reparaciones en una junta. No se aceptarán las reparaciones de soldadura que contengan roturas, no importa su tamaño ni su localización.

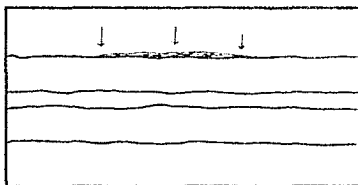
Los límites de aceptabilidad que rigen los códigos API 1104 - y ASME sección VIII serán los siguientes:

## SOCABADO EXTERNO

SIMBOLO: S



CORTE TRANSVERSAL



REGISTRO RADIOGRAFICO

DEFINICION: Canal en la orilla de la soldadura causado por exceso de calor y llevar demasiado metal incandescente.

Registro Radiografico:

Línea oscura de longitud, densidad y espesor variado en la orilla de la soldadura junto a la placa base.

PRECAUCION: Buscar una línea fina en esta zona que podría ser rotura en la zona de fusión.

Código API permite:

2" de longitud.

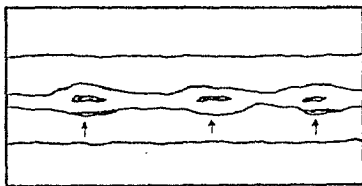
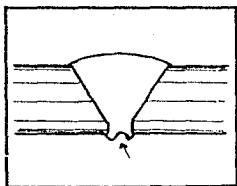
1/32" de profundidad.

CAUSA: Llevar demasiado metal incandescente. Soldar con amperaje muy alto; tamaño excesivo de electrodo; soldar muy despacio.

PREVENCION: Soldar más rápido, no llevar tanto metal, usar amperaje adecuado, usar electrodo adecuado.

CONCAVIDAD DE RAIZ

SIMBOLO: CR



DEFINICION: Lugar donde la soldadura se encoge, dejando formas que parecen grietas.

REGISTRO RADIOGRAFICO:

Registro obscuro alargado de aproximadamente 1/4" que se presente en el centro del primer cordón. Generalmente está rodeado con más metal del primer cordón, que otros lugares.

PRECAUCION: Se confunde fácilmente con una rotura saltada.

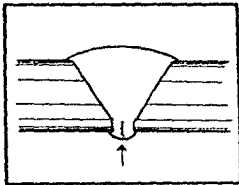
API: No es defecto condenable.

ASME: No es defecto condenable.

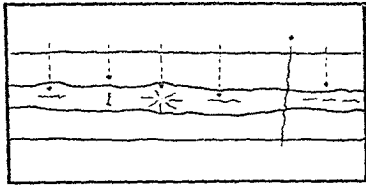
CAUSA: Enfriamiento muy rápido, llevar mucho metal incandescente.

PREVENCION: Soldar más rápido, bajar el amperaje, usar electrodo adecuado.

## ROTURA



## SIMBOLO: R



DEFINICION: Una discontinuidad en la soldadura o entre la soldadura y el metal base.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Líneas oscuras generalmente con orillas ásperas que normalmente se presenta en el primer cordón, tienen que ser perpendicular a los rayos X o gamma o difícilmente se ven.

Hay 6 tipos de roturas:

- 1.- Rotura de cráter longitudinal.
- 2.- Rotura de cráter transversal.
- 3.- Rotura de cráter de estrella.
- 4.- Rotura de enfriamiento longitudinal.
- 5.- Rotura transversal.
- 6.- Roturas saltadas.

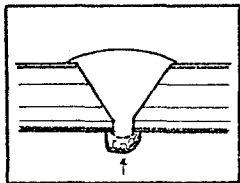
API: No admite ninguna rotura.

ASME: No admite ninguna rotura.

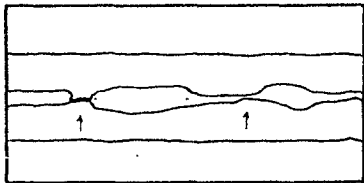
CAUSA: Enfriamiento muy rápido, demasiada rigidez, procedimiento inadecuado.

PREVENCION: Usar electrodos más grandes con más corriente, evitar soldar estructuras de tal rigidez que no puedan contraerse apropiadamente, adoptar procedimiento para cada caso.

## SIMBOLO PCI



## PRIMER CORDON IRREGULAR



DEFINICION: El primer cordón irregular y discontinuado o depósitos muy grandes en algunas zonas.

REGISTRO RADIOGRAFICO:

Registros claros en el centro de la soldadura, discontinuados; también variación del espesor del primer cordón.

PRECAUCION: Generalmente el primer cordón irregular es índice de falta de penetración.

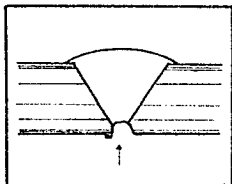
API: No es defecto condenable, aunque si demuestra falta de técnica para soldar.

ASME: Igual.

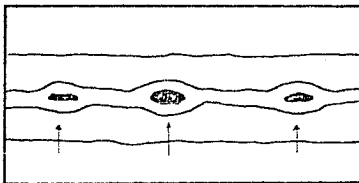
CAUSA: Falta de técnica, amperaje muy bajo, soldar muy rápido.

PREVENCION: Soldar con más cuidado, subir el amperaje, soldar más despacio.

## QUEMADA



## SIMBOLO: Q



DEFINICION: Porción del primer cordón donde hubo penetración excesiva y causó que el metal incandescente cayera al interior del tubo.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Una mancha oscura redonda que se desvanece en la orilla y algunas veces en el centro del primer cordón.

PRECAUCION: Es muy común que en el centro de la quemada se encuentren pequeñas roturas pudiendo ser longitudinales, transversales o de estrella.

CODIGO API permite;

12" de longitud.

No será más profundo que el espesor de la placa.

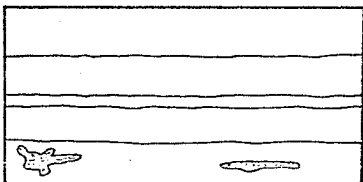
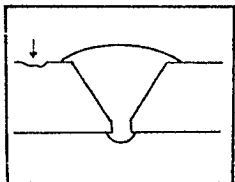
No habrá más de 1" en una longitud de 12" y 2" en 24".

CAUSA: Amperaje muy alto; manipulación defectuosa de electrodo.

PREVENCION: Bajar corriente, usar correctamente el electrodo.

## QUEMADA EN PLACA

SIMBOLO: QP



DEFINICION: Quemadas sufridas en la placa que rebaja su espesor-  
causadas por inadecuada manipulación del soldador.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Registros oscuros en el metal base, de tamaños y configuraciones  
variadas.

PRECAUCION: Puede haber roturas de tipo estrella en el centro de  
estas quemadas.

API permite;

1/32" de profundidad.

ASME permite;

1/32" de profundidad.

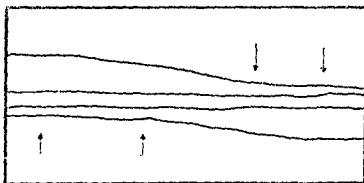
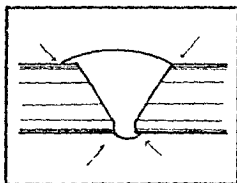
CAUSA: Lugar donde estuvo soldada una pieza del armado, soldador  
descuidado que punteó para calentar el electrodo o probar el con-  
tacto.

PREVENCION: Cuando se quitan piezas tener más cuidado, nunca pun-  
tear sobre placa, sino arrastrar el electrodo sobre soldadura.



## SOLDADURA DESALINEADA

SIMBOLO: SD



DEFINICION: Generalmente es cuando la soldadura está traslapada y demasiado montada sobre el metal base en un lado.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Registro claro asimétrico, en relación al primer cordón.

API: No es defecto condenable aún que si se demuestra falta de técnica para soldar.

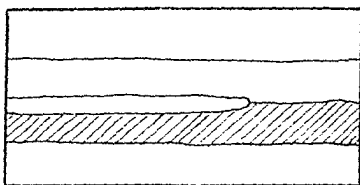
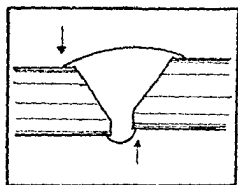
ASME: Igual.

CAUSA: Falta de precaución para soldar, soldar en posición incómoda.

PREVENCION: Levantar el tubo más, soldar con más cuidado.

## TUBO DESALINEADO

SIMBOLO: JHL



DEFINICION: Un tubo que no se encuentra simétricamente con otro tubo.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Densidad mayor en un lado del primer cordón y menor en el otro.

PRECAUCION: En tuberías algunas veces parece falta de penetración ya que si el primer cordón, aunque haya penetrado bien, pero por el mismo desalineamiento no derrite el tope, entonces aparecerá falta de penetración.

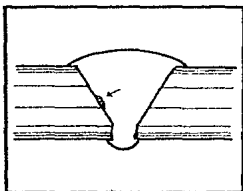
API permite;

1/32"

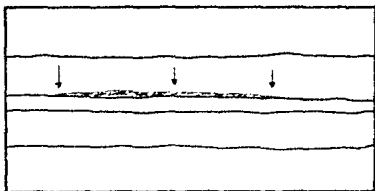
CAUSA: Pieza mal armada.

PREVENCIÓN: Armar con más cuidado.

## LINEA DE ESCORIA



## SIMBOLO: LE



DEFINICION: Línea entre los cordones que están llenos de escoria que no fue removida.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Una línea oscura al lado del primer cordón, generalmente está bien definido y muy recto.

PRECAUCION: No es común que las roturas se formen en ese lugar, pero si puede unirse en su trayectoria.

Código API permite;

2" longitud.

1/16" ancho.

En tramos de 12"

4" en tramos de 24"

Las imperfecciones serán separadas por 6" de soldadura, sana.

Código ASME permite;

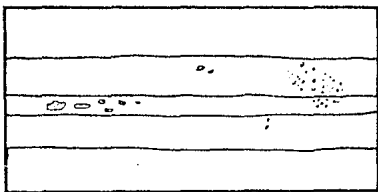
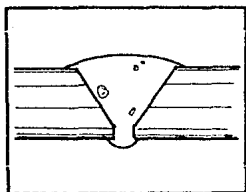
(Bajo las mismas consideraciones que la inclusión de escoria)

CAUSA: Falta de limpieza entre cordones, falta de trabajar el metal.

PREVENCION: Aumentar amperaje, trabajar el metal, limpiar bien antes de aplicar otro cordón.

## POROSIDAD

SIMBOLO: P



DEFINICION: Cavidades gaseosas en forma generalmente esférica.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Manchas bien redondeadas variando de densidad directamente proporcional a su diámetro.

PRECAUCION: Existe un poro llamado vulgamente ojo de aguja que es necesario reparar con otro paso de soldadura, es un poro muy denso, mucho más que la placa base.

Código Api permite;

Para piezas radiografiadas 100% según Código.

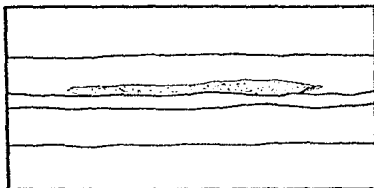
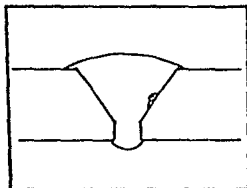
Para piezas radiografiadas localmente no es factor de aceptabilidad.

CAUSA: Tamaño incorrecto de electrodo, metal base de calidad inferior, corriente excesiva para soldar.

PREVENCION: Conservar incandescente el charco lo más posible, para permitir el escape de gas. Usar amperaje adecuado, usar electrodo adecuado.

## FALTA DE FUSION

SIMBOLO: FF



DEFINICION: Falta de adherimiento entre los cordones y el metal base.

REGISTRO RADIOGRAFICO:

Sombra débil en la zona de fusión, la sombra es sumamente ligera y con rayos gamma es casi imposible de apreciar.

Código API permite:

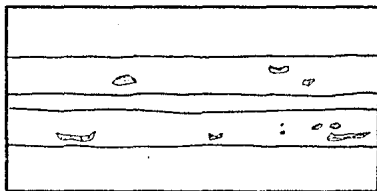
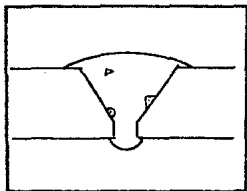
Igual que falta de penetración.

CAUSA: No trabajar el metal, falta de amperaje.

PREVENCION: Trabajar adecuadamente el metal, aumentar el amperaje.

## INCLUSION DE ESCORIA

SIMBOLO: IE



DEFINICION: Materia no metálica cautiva en la soldadura, generalmente fundente de los electrodos.

REGISTRO RADIOGRAFICO: Manchas oscuras irregulares que pueden estar en cualquier zona de la soldadura, de preferencia entre cordones o entre cordones y metal base.

PRECAUCION: Muchas veces se originan roturas en los extremos.

Código API permite: 1/8" ancho máximo.

1/2" en tramo de 12"

1" en tramo de 24"

No habrá más de 4" inclusiones de 1/8" en 12" y estarán separados por 2" de uno al otro.

Código ASME permite:

(Radiografía 100%)<sup>1</sup>

1/4" para espesores hasta 3/4"

1/3" de espesor de 3/4" hasta 2-1/4".

Cualquier grupo en línea con una longitud mayor que el espesor de la placa en un tramo de 12", excepto cuando la distancia entre cada imperfección es mayor que 6 veces la imperfección mayor.

(Radiografía local)

2/3 de espesor de la placa.

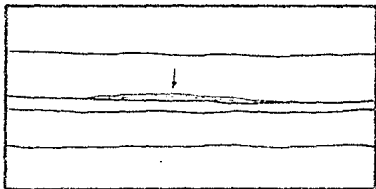
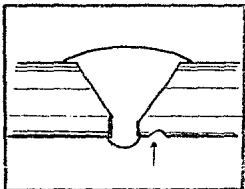
Cualquier grupo en línea con una longitud mayor que el espesor de la placa en un tramo de 6 veces el espesor de la placa, excepto cuando la distancia entre cada imperfección es mayor que 3 veces la imperfección mayor.

La longitud máxima de defectos aceptables será de 3/4" y cualquier imperfección menor que 1/4" será aceptable.

CAUSA: Corregir técnica de soldar, subir amperaje, limpiar adecuadamente antes de aplicar otro cordón

## SOCABADO INTERNO

SIMBOLO: SI



DEFINICION: Canal en la orilla interior de la soldadura causado por exceso de calor.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Línea oscura que se desvanece a lo largo del primer cordón.

PRECAUCION: No confundir con líneas de escoria.

Código API permite:

2" de longitud.

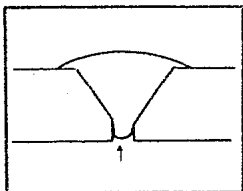
1/32" de profundidad.

CAUSA: Soldado muy lento, demasiado amperaje, bisel preparado-- incorrectamente.

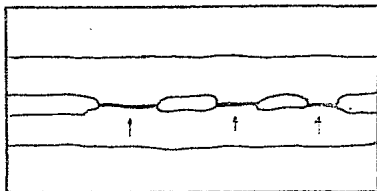
PREVENCION: Soldar con amperaje adecuado, soldar más rápido, -- preparar bien el bisel.



## FALTA DE PENETRACION



## SIMBOLO: FP



DEFINICION: Relleno incompleto del fondo de la soldadura.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Una línea oscura recta y bien definida, puede variar de ancho según el espacio entre los topes de los biseles. Siempre en el centro del cordón.

PRECAUCION: Algunas veces un tubo desalineado parece falta de penetración.

Código API permite:

1" de longitud.

En un tramo de 12"

2" en 24"

Defectos individuales serán separados por 6" de metal sano.

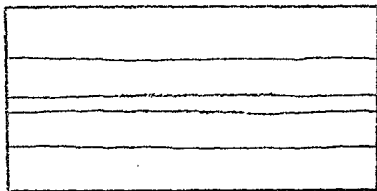
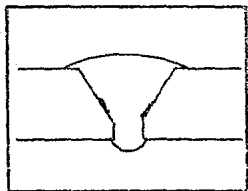
Código ASME permite: Nada de falta de penetración.

CAUSA: Bisel demasiado cerrado, electrodo muy grande, amperaje muy bajo.

PREVENCION: Preparar biseles correctamente, usar electrodo adecuado, subir el amperaje.

## DOBLE LINEA DE ESCORIA

SIMBOLO: DLE



DEFINICION: Doble línea entre los cordones que están llenos de escoria y que no fueron limpiados.

## REGISTRO RADIOGRAFICO:

Una línea oscura a ambos lados del primer cordón, generalmente no son muy prolongados y son bien definidos y rectos.

## Código ASME permite:

Las mismas consideraciones que la inclusión de escoria.

## Código API permite:

Igual que la línea de escoria.

Causa: Falta de limpieza entre cordones.

PREVENCION: Aumentar amperaje, limpiar bien antes de aplicar otro cordón.

## CAPITULO V

## PROTECCION MECANICA Y LASTRADO DE TUBERIA

## 5.1 LIMPIEZA EXTERIOR, PINTADO Y ESMALTADO DE TUBERIA.

Como la mayor parte de las líneas de conducción van enterradas o sumergidas, es necesario aplicarles una cubierta protectora contra la corrosión exterior de la tubería.

Las cubiertas protectoras más usuales para líneas subterráneas son a base de cintas plásticas y las hay también a base de alquitrán de hulla; y éstas deben tener las siguientes características:

## 1.- Mitigar la corrosión.

Con objeto de mitigar la corrosión un recubrimiento de tubería debe estar hecho de materiales que posean las siguientes cualidades:

- a) Bajo índice de absorción de humedad y transmisión de vapor de agua.
- b) Alta resistencia dieléctrica (Baja conductividad).
- c) Estabilidad física y química a largo plazo.
- d) Estabilidad térmica.
- e) Ser flexible y dúctil.
- f) Que pueda aplicarse en línea o planta.
- g) Formar una unión resistente y permanente sobre el acero.

- 2.- El recubrimiento debe tener adhesión suficiente con la superficie de metal para resistir con efectividad la migración de humedad bajo cubierta.
- 3.- Debe tener resistencia a los agrietamientos.
- 4.- Debe tener resistencia a la presión de los manejos y los esfuerzos provocados por el terreno.
- 5.- Debe ser compatible con cualquier protección catódica suplementaria.

#### 5.1.1 MATERIALES PARA CUBIERTAS PROTECTORAS

##### a) Pintura primaria.

Esta norma cubre dos tipos de pintura que son la pintura tipo "A" a base de alquitrán de hulla y la pintura tipo "B" de secado rápido a base de productos sintéticos.

La pintura tipo "B" debe consistir de caucho tratado con cloro, plásticos sintéticos y solventes; compuestos que produzcan un líquido que al cubrir una superficie sea rápidamente aplicable en frío y que presenten una adherencia apropiada y efectiva entre el esmalte de alquitrán de hulla y el metal.

b) El esmalte debe ser de alquitrán de hulla (AWA) tipo I o tipo II, no debe contener asfalto o algún otro derivado del petróleo.

c) El esmalte debe reforzarse con una banda de fibra de vi---

drio 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, se adhiera al esmalte, con un peso mínimo de 0.84 --- lb/100 pies cuadrados (método ASTM D-146)

d) Fieltro de asbesto saturado de alquitrán de hulla.

Este material deberá tener una superficie satinada libre de defectos visibles; no debe pegarse a tal grado que cause desgarraduras, con un peso mínimo de 12 lb x 100 pies<sup>2</sup> y máximo de 15 lb x 100 pies<sup>2</sup> según ASTM (D-146).

#### 5.1.2 APLICACION. PROCESO DE ESMALTADO EN CAMPO.

Esta fase de la obra se ejecuta a lo largo del D.D.V., en forma continua sobre la tubería soldada montada sobre polines colocados a cada 15 metros; toda vez que las juntas de la línea han sido aprobadas como sanas por la inspección radiográfica.

Por un extremo con la ayuda de un tractor pluma se introduce la máquina cepilladora y la máquina pintora avanzando a lo largo de la línea soldada parcialmente, mientras que otro tractor pluma levanta la línea donde está soportada sobre los polines; así de esta manera se limpia y se pinta la longitud promedio diario. Por el mismo extremo se introduce la-

máquina esmaltadora con el mismo proceso anterior. Esta máquina carga un dispositivo de enrollamiento para ferrar en forma espiral el rollo de vidrio flex y vidriomate (fieltro). Además el mismo tractor engancha una caldera de esmalte con elementos integrados al mismo dispositivo de enrollamiento para efectuar la envoltura protectora adecuada (Ver Fig. 9 y tabla 2).

Se termina el esmaltado de la sección de la línea y se comprueba el espesor del recubrimiento mediante un medidor de profundidad de hoyos. El espesor mínimo será de 3/32" con fibra de vidrio y cuando se usa además fieltro será de 0.105" - mínimo.

Los poros grietas, burbujas, u otras fallas se retocan o parchan con esmalte o fieltro.

### 5.1.3 ESMALTE EN PLANTA.

Las fases de esmaltado en planta se lleva a cabo para completar la fase de recubrimiento de concreto en tubería de conducción donde se procesan los tubos individualmente en serie y con las siguientes ventajas:

- 1.- Se puede limpiar la tubería con chorro de arena.
- 2.- Se aplican dos baños de esmalte.

Se puede esmaltar tubería para línea regular en planta, siempre y cuando la planta esmaltadora quede relativamente cerca-

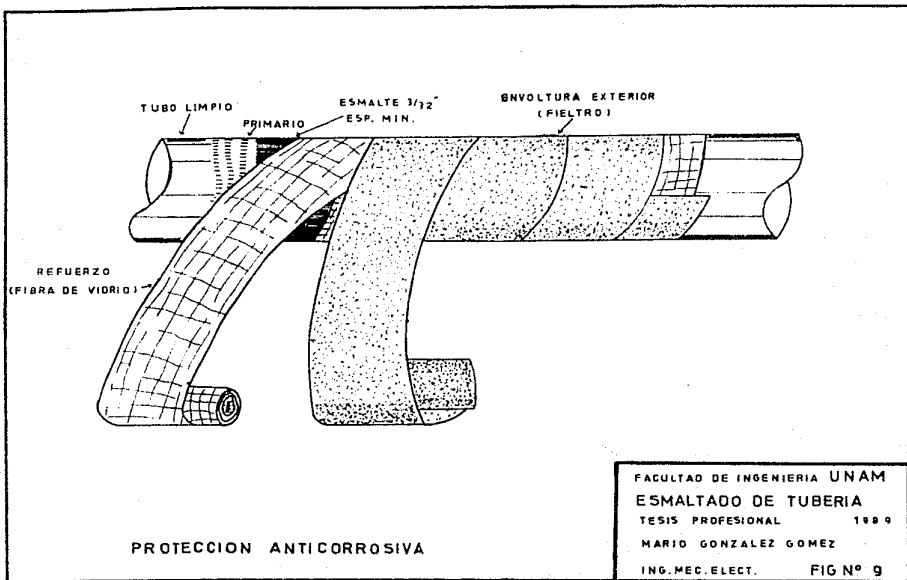


TABLA 2

DIAMETRO DE TUBERIA		ANCHO DE ROLLO		TRASLAPE RECOMENDADO		VIDRIOPLEX MAT./ KM.		VIDRIOMAT MAT./ KM.		PINTURA LTS./ KM.	
NOM.	EXT.	PULG.	CM.	PULG.	CM.	Ø NOM.	ROLLOS	Ø NOM.	ROLLOS	Ø NOM.	LTS.
1/2	0,84	2	5,08	1/2	1,27	1/2	7,27	1/2	17,05	1/2	7
3/4	1,090	2	5,08	1/2	1,27	—	8,18	—	20,29	—	9
1	1,315	2	5,08	1/2	1,27	—	10,30	—	25,4	—	10
1 1/2	1,900	2	5,08	1/2	1,27	—	14,54	—	36,02	—	14
2	2,375	4	10,16	1/2	1,27	—	11,32	—	19,85	—	18
3	3,500	4	10,16	1/2	1,27	—	16,73	—	28,89	—	25
4	4,500	4	10,16	1/2	1,27	—	23,47	—	40,51	—	33
4	4,500	6	15,24	1/2	1,27	—	9,40	—	23,95	—	31
6	6,625	8	19,24	1/2	1,27	—	13,20	—	32,50	—	47
8	8,625	9	22,86	1/2	1,27	—	12,98	—	31,64	—	50
10	10,750	9	22,86	1/2	1,27	—	16,21	—	40,67	—	76
		12	30,48				10,50		26,85		
12	12,750	12	30,48	1/2	1,27	—	12,40	—	31,47	—	90
14	14,000	12	30,48	3/4	1,90	—	13,80	—	35,27	—	99
18	14,000	12	30,48	3/4	1,90	—	15,80	—	40,10	—	114
		18	45,72				10,28		26,05		
18	18,000	18	45,72	3/4	1,90	—	11,53	—	29,28	—	126
20	20,000	18	45,72	1	2,54	—	13,05	—	33,06	—	140
24	24,000	18	45,72	1	2,54	—	15,60	—	39,25	—	165
30	30,000	18	45,72	1	2,54	—	19,54	—	49,56	—	211

RENDIMIENTOS DE MATERIALES ANTICORROSIVOS POR KM. DE TUBERIA



del derecho de vía, donde se construye la línea y cuando se cuenta con el equipo apropiado para manejar cuidadosamente la tubería sin causarle daños a la cubierta protectora.

## 5.2 LASTRADO DE TUBERIA.

El recubrimiento de concreto a que se refiere esta norma se hace a las tuberías de conducción en cruzamiento de ríos, arroyos, lagunas, pantanos, zonas inundables o en el mar.

Este recubrimiento tiene dos propósitos:

- 1.- Como lastre para tener sumergidas a las tuberías.
- 2.- Para proteger el recubrimiento anticorrosivo de tuberías-submarinas.

### 5.2.1 MATERIALES.

Tipos de material para el lastre.

- a) Concreto de peso normal mínimo  $2250 \text{ Kg/M}^3$  elaborado con cemento portland, arena, grava y agua.
- b) Mortero fabricado con cemento portland y arena pétreo con peso volumétrico mínimo de  $2250 \text{ Kg/M}^3$ .
- c) Mortero fabricado con cemento portland, arena pétreo y finos de material de hierro con peso volumétrico mínimo de  $3000 \text{ Kg/M}^3$ .
- d) Mortero fabricado con cemento portland y finos de barita -

(o baritina) con peso volumétrico mínimo de  $2600 \text{ Kg/M}^3$ .

El revenimiento del concreto estará comprendido entre 8 y 14 cm, debiendo determinarse su valor en cada caso de acuerdo con las características de los agregados y los detalles del proyecto; para un valor del revenimiento fijado en la obra se tendrá una tolerancia de  $\pm 2.0 \text{ cm}$ .

El tamaño máximo del agregado grueso, cuando se use concreto normal será el siguiente:

ESPEJOR DEL LASTRE CM.	TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO MM.
HASTA 5	6.3
DE 5 A 7	9.5
DE 7 A 10	12.7

La resistencia del mortero o el concreto será de  $300 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días de edad para tuberías submarinas, y de  $250 \text{ Kg/cm}^2$  para los demás casos.

El acero de refuerzo será una malla de alambre de las características siguientes:

ESPESOR DEL CONCRETO CM.	CALIBRE DEL ALAMBRE	SEPARACION DE LOS ALAMBRES CM.
HASTA 5	17	3.8    3.8 (hexagonal)
DE 5 A 7	14	7.6    7.6 (cuadrado)
DE 7 A 10	12	7.6    7.6 (cuadrado)

## REQUISITOS DE EJECUCION

- 1.- Antes de colocar el acero de refuerzo, se verificará que el recubrimiento del tubo esté limpio de aceite, grasa o materias extrañas, roturas o golpes que afecten la conservación del mismo.
- 2.- Durante la colocación del refuerzo, se tendrán las debidas precauciones, para no dañar el recubrimiento del tubo; en el caso de provocar algún daño, éste deberá ser reportado antes de colocar el concreto.
- 3.- La malla de refuerzo se colocará en el tercio medio del espesor del concreto, con una separación uniforme de la superficie del tubo, fijándola con separadores de metal, concreto o asbesto. En ningún caso se usarán separadores de madera, el traslape entre los tramos de malla será de un cuadro.

La colocación de concreto podrá hacerse por dos procedimientos:

- a) A mano, usando cimbra. Se aceptará este método, cuando el lastrado pueda efectuarse en las cercanías del lugar de colocación de la tubería. En tales casos la mezcla se compactará, aplicando un vibrador a la cimbra.
- b) En planta; usando una máquina capaz de producir un recubrimiento uniforme en espesor, densidad y consistencia de la mezcla.

4.- La operación de colocar el concreto alrededor del tubo - será continua, no permitiéndose interrupciones de más de 30 minutos.

La colocación será dentro de los 30 min., siguientes a la incorporación del agua a la mezcla.

5.- No se recubrirán de concreto los extremos del tubo en una longitud de 30 cm para permitir efectuar la soldadura de campo.

6.- Curado del concreto.

Puede hacerse por dos procedimientos:

a) Curado con agua.

Deberá comenzarse dentro de las 4 hrs, siguientes a la colocación del concreto, manteniéndolo húmedo durante un período de 4 días.

b) Curado con membrana.

Se usará de preferencia membrana con pigmento blanco; la cual se aplicará con un medio mecánico, en cantidad suficiente, de acuerdo con las instrucciones del fabricante; para cubrir de manera uniforme y completa la superficie de concreto.

7.- Reparaciones.

Los aplastamientos o grietas en el concreto, causado por im-

pacto se aceptarán sin reparación, siempre que no hayan dañado más de la tercera parte del espesor y en una superficie - no mayor de  $0.10 \text{ m}^2$  y que además el refuerzo no haya quedado expuesto. Para superficies mayores dañadas hasta  $0.25 \text{ m}^2$  - aproximadamente; se reparan empleando el mismo tipo de mezcla, empleada en el concreto original, y retirando todo el - concreto de la zona dañada, hasta llegar a la superficie del recubrimiento anticorrosivo del tubo.

En superficies dañadas mayores de  $0.25 \text{ m}^2$  se retirará todo el concreto alrededor del tubo, en el ancho de la zona dañada y se recubrirá de nuevo.

8.- El transporte de un tubo recubierto deberá hacerse con equipo de carga, con ganchos insertados en las bocas de los extremos. No deberán suspenderse o maniobrarse antes de 24 hrs. (7 hrs cuando se usa cemento de fraguado rápido) después de terminar la colocación del concreto.

9.- Después de tres días de recubiertas, los tubos (24 -- hrs si se usa cemento de fraguado rápido) se podrá estibar en capas de no más de 4 tubos si estos son de --- 381.0 mm de diámetro o mayores; colocando la primera ca pa sobre una plantilla de arena o tierra nivelada y -- suelta sin protuberancias o hundimientos. No deberán ro darse sobre piso duro o. disparejo.

## Tolerancias.

Espesor de concreto  $\pm 10\%$ .Densidad del concreto  $-5\%$ 

El espesor del recubrimiento deberá ser tal que se tenga lo siguiente:

$$P \geq P_1, R \quad \text{donde:}$$

$P$  = Peso unitario del tubo recubierto de concreto.

$P_1$  = Empuje ascendente unitario del agua calculado de acuerdo con la densidad del líquido desalojado.

$R$  = Coeficiente que depende de las condiciones del lugar en donde se localice la tubería.

## Valores de R:

Lagunas, zonas inundables

pantanos

1.15

Arroyos

1.20

Ríos

1.30

En el mar

1.35

FORMULA PARA CALCULAR EL ESPESOR DEL REVESTIMIENTO DEL CONCRETO.

$$\text{ESPESOR} = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{D^2}{4} + \frac{D^2}{4} + \frac{\delta \gamma}{\gamma - \delta \gamma} - 0.318 (P_t + P_r)}$$

D: Diámetro exterior incluyendo el recubrimiento anticorrosivo en metros.

$\delta$  : Densidad del agua en Kg/m<sup>3</sup>

$\gamma$  : Factor de flotación negativa 1

$P_t$  : Peso del tubo desnudo en Kg/mt.

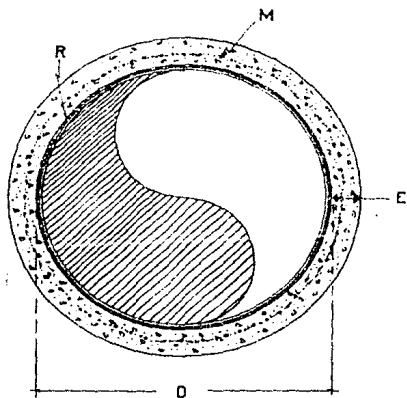
$P_r$  : Peso del recubrimiento anticorrosivo en Kg/mt.

$\gamma$  : Peso volumétrico del concreto en Kg/m<sup>3</sup>.

NOTA:

Para aplicar esta fórmula ver tabla No. 3 y fig. 10.





**TUBO LASTRADO**

**D** : DIAMETRO EXT. INC. RECOBRIMIENTO  
ANTICORROSIVO

**E** : ESPESOR DEL REVESTIMIENTO DE  
CONCRETO

**M** : REFUERZO MALLA DE ACERO

**R** : RECOBRIMIENTO ANTICORROSIVO

FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM  
**LASTRADO DE TUBERIA**  
 TESIS PROFESIONAL 1969  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG N° 10

# PESO TUBERIA

DESNUDA Y CON RECUBRIMIENTO  
ANTICORROSIVO DOBLE KGS./M.L.

ESPESOR TUBO PULG.	DIAM. NOM.	8"	9"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	
		PESO RECUB/MT.	7.48	9.89	12.00	16.21	19.91	17.94	19.92	22.21	26.48
0.188		19.18	23.15	31.47	37.44						
		26.67	34.84	43.47	51.65						
0.219		22.28	29.22	36.60	43.57						
		28.77	36.91	45.60	57.78						
0.250		25.33	33.27	41.72	49.67	54.62	62.57	70.52	78.48	94.95	
		32.82	42.06	53.72	63.88	70.13	80.51	90.44	100.67	120.81	
0.312			41.28	50.85	61.97	67.97	87.85	87.86	97.78	117.44	
			50.87	62.05	75.88	83.48	85.85	107.78	119.90	144.10	
0.344			49.24	56.84	67.78	74.81	85.93	98.45	107.37	129.23	
			54.93	66.84	81.08	90.12	103.47	118.17	129.58	155.89	
0.375				60.23	73.75	81.20	93.12	109.04	116.88	140.70	
				72.23	87.98	96.71	111.08	124.96	139.17	176.29	
0.438				71.71	88.80	94.29	109.21	122.11	136.02	163.83	
				83.71	99.81	109.80	126.15	142.03	158.23	190.29	
0.500					87.34	107.27	123.16	139.05	154.95	185.73	
					111.85	122.78	141.10	158.97	177.16	213.19	
0.625					120.44	132.85	152.71	172.68	192.44	232.17	
					134.85	148.36	170.85	192.50	214.55	258.53	
0.688							167.90	189.25	211.00	254.70	
							189.24	209.07	233.21	281.16	
0.750								205.80	229.43	277.13	
								225.52	251.64	303.59	
0.812									247.75	289.40	
									269.96	325.86	
		2300							3050		

TABLA 3

## CAPITULO VI

### PRUEBAS DE CONTROL PARA LA ENTREGA A OPERACION

#### 6.1 PRUEBA HIDROSTATICA Y CORRIDA DE DIABLOS.

Cuando la línea esta totalmente construida, bajada y tapada - en la zanja, se procede a probar ésta hidrósticamente; y se hará con todas las válvulas y accesorios instalados, así también los instrumentos de medición, para la realización de esta prueba de presión deberán estar debidamente calibrados.

Para iniciar esta prueba se correrán 3 "diablos", para purgar la línea del aire contenido en su interior y limpiarla de lodos y basuras. Estos implementos de limpiezas (diablos) estan pro vistos de copas de caucho que los hacen herméticos; los hay - también con cepillos de alambre del tipo de desgaste compensa do.

Una vez purgada la tubería del aire, para limpiar completamen te ésta deberá dejarse correr libremente el agua de prueba, - durante algunos minutos, hasta que el agua salga limpia.

Con la tubería llena de agua se procederá a la prueba final - de presión hidrostática; los requisitos y duración de la prue ba serán los que se indiquen en las especificaciones del pro yecto y en ningún caso la prueba tendrá una duración menor de 24 hrs.

Los registros de la presión de prueba hidrostática no deberán

mostrar fluctuaciones, salvo aquellas que puedan ser atribuidas a cambio de temperatura. En caso de haber estas fluctuaciones se mantendrá la presión de prueba, durante un período adicional de 24 hrs.

En esta prueba deberá estar presente un representante de la SPP.

Durante el tiempo que se mantenga la presión de prueba, deberá recorrerse cuidadosamente la línea, para localizar fallas en caso que las hubiése.

Una vez terminada la prueba hidrostática a satisfacción, se procede a secar la tubería, por medio de corridas de diablos; cuantas veces sea necesario hasta desplazar en forma efectiva el agua que se haya quedado en la tubería, especialmente en las partes bajas.

Estos diablos podrán correrse con gas, aire o agua; dependiendo de las posibilidades de suministro.

#### PROCESO PARA CORRER DIABLOS.

Por medio de los dispositivos para correr diablos, llamados trampas de diablos de envío; se introduce el "diablo" en la recámara, se cierra esta herméticamente y se abre la válvula de paso completo, hecho esto se abre la válvula del gas impulsor; el "diablo" es empujado hacia adelante, impulsando el agua contenida en el interior de la línea.

En el extremo opuesto de la línea, "trampa de diablos de recibo" (Ver fig. No. 8) si es posible se abre la recámara de recibo; así como la válvula de paso completo de la trampa, para que el agua fluya libremente, mientras no haya gas; cuando hay gas, se cierra la recámara de la trampa y se abre la válvula de la línea de desfogue de gas, construida previamente desde la recámara de recibo hasta un quemador elevado a 50 m. de distancia; y se quema este gas mientras dura la corrida.

Antes de que inicie la corrida de "diablos" por la línea, ésta se sondea, abriendo cajas en terreno firme a cada 5 km -- aproximadamente, con el fin de poner un observador que nos indique el paso del diablo en estos puntos. "El diablo" arrastra cadenas metálicas para indicar su paso por cada puesto; de esta manera siempre se tiene localizado el "diablo" entre dos puestos, para en caso de que ésta se atasque.

Por este método se corren hasta 5 "diablos" separados entre sí, cuando menos por un empaque de 20 barriles de distancia. Cuando se han corrido todos los diablos satisfactoriamente, la línea esta apta para recibir el producto para el cual fue proyectada.

## 6.2 PROTECCION CATODICA.

A pesar de que la línea es protegida contra la corrosión, con envolturas anticorrosivas como se vió en el capítulo No. V; es necesario aplicar la protección catódica a ésta, porque la

corrosión de la tubería persiste ya que esta ligada con el -- flujo de corrientes eléctricas a lo largo de los diferentes - terrenos por donde pasa la línea.

La protección catódica es el método de controlar la corrosión.

El sistema más sencillo por el cual suceden estas corrientes- que se produce en una celda: entre los tipos más importantes- de celdas estan las Galvánicas, las de concentración y las -- electrolíticas; pero todas contienen los 4 componentes básic- cos que son:

UN ELECTROLITO.- Que generalmente esta formado por agua con- sales en solución, que permiten el flujo de la corriente -- eléctrica.

UN ANODO.- Que es en este proceso de flujo de corriente elec- trica, el electrodo que se corroe.

UN CATODO.- Que es el electrodo que en el proceso de genera- ción de corriente eléctrica, es protegido contra la corro-- sión.

UN CONDUCTO EXTERNO.- Entre el ánodo y el cátodo que cierra- el circuito.

#### 6.2.1 CELDA GALVANICA

Las celdas galvánicas se caracterizan por tener electrodos-- de metales disímiles, en un electrólito homogéneo. En la fig.

11 (a) se ilustra este principio, donde en un recipiente de zinc (ánodo) conteniendo un electrólito y un electrodo de carbón (cátodo). Al conectar estos electrodos con un conductor exterior se establece el flujo de corriente eléctrica del zinc al carbón; cerrando el circuito y ocasionándose la corrosión del contenedor (ánodo).

#### 6.2.2 CELDA DE CONCENTRACION

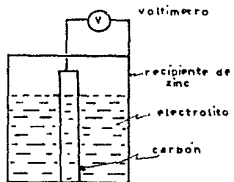
En este tipo de celda se tienen dos electrodos de hierro sumergidos en electrólitos; uno de ellos esta revestido de material poroso; donde existe la mayor concentración del electrólito. Conectados estos por un conductor externo se establece el flujo de corriente eléctrica del electrodo de mayor concentración al otro, corroyéndose en el proceso el electrodo revestido. (Ver fig. 11 (b))

Este es el tipo de celdas más común que se presenta en las tuberías subterráneas.

#### 6.2.3 CELDA ELECTROLITICA.

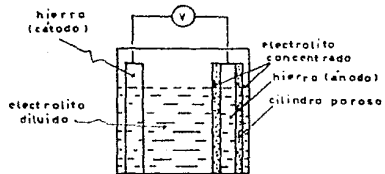
También como las otras celdas consta de dos electrodos sumergidos en electrólitos, conectados por un conductor exterior y con la adición de una fuente de energía externa, conectada entre el ánodo y el cátodo (Ver fig. 11 (c)).

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



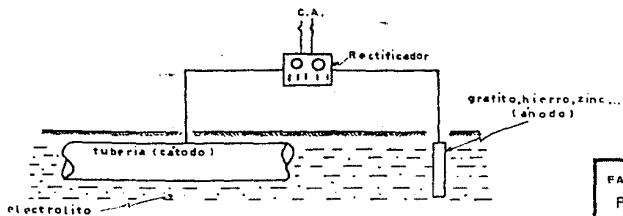
GALVANICA

(a)



CONCENTRACION

(b)



ELECTROLITICA

(c)

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 PROTECCION CATODICA  
 TESIS PROFESIONAL 1980  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG N°11



#### 6.2.4 SERIE ELECTROMOTRIZ.

De acuerdo a experimentos con celdas galvánicas, con diferentes metales como electrodos, se ha comprobado que la capacidad de los metales a liberar electrones y entrar en solución en el electrólito, está relacionada con el potencial eléctrico de cada metal con respecto a otros elementos.

Así estos metales se situaron en una escala de acuerdo a sus potenciales eléctricos, llamada serie electromotriz. La cual se describe parcialmente abajo.

Serie electromotriz:

Magnesio

Aluminio

Zinc

Hierro

Níquel

Cobre

Plomo

Plata

Oro

Aquí cada metal es más activo galvánicamente respecto a otro si está más arriba en esta escala. De este modo si tenemos una celda de un metal con otro y este ocupa una posición más baja en la escala, siempre se corroerá aquel; es decir funcionará como ánodo, protegiendo al elemento colocado en la -

parte baja de la escala (cátodo).

Por esto vemos en la escala electromotriz que el Hierro es anódico al Níquel, el Zinc es anódico al Cobre; el Magnesio es anódico al Hierro, etc.

#### 6.2.5 PROTECCION CATODICA A TUBERIAS.

Como se vió anteriormente el tipo de celdas de concentración es el más común en las tuberías subterráneas, que atraviezan suelos sometidos a variaciones muy grandes de humedad y concentraciones de sales en solución, actuando como conductor - la tubería de acero (Ver fig. 12 a y b)

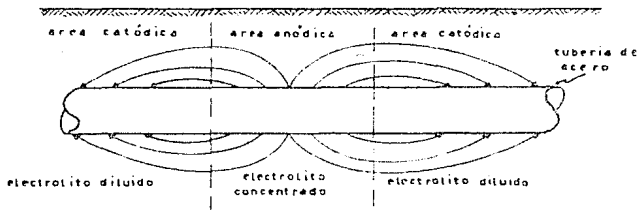
También ocurre el proceso de celdas galvánicas en estas tuberías; pero no tienen la influencia tan grande, como las de concentración.

Las tuberías de acero subterráneas, en suelos con suficiente humedad al actuar como electrolitos; permitirán el paso de corrientes electrolíticas de y hacia la tubería.

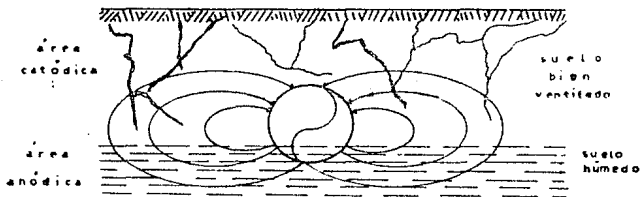
Existen varios tipos de sistemas para protección catódica a tuberías, pero los más importantes por su uso y flexibilidad son:

##### 1.- DE CORRIENTE IMPRESA.

Esta es una fuente de C.A de bajo voltaje con rectificador



(a)



(b)

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 PROTECCION CATODICA  
 TESIS PROFESIONAL 1980  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT.    FIG N° 12

Complementando con una cama de anodos inertes que pueden estar contruidos de gráfito, Hierro al alto Silicio, Platino, Aluminio, etc. y su número varía de acuerdo al proyecto. Se siembran estos en forma vertical y van rellenos de material de coke granulado.

Estos reciben la corriente del rectificador y de ahí la corriente, protege todas las grietas, fallas, poros, etc. que haya en el recubrimiento anticorrosivo y regresa por la tubería, hasta la terminal negativa del rectificador cerrando el circuito. (Ver fig. 13.)

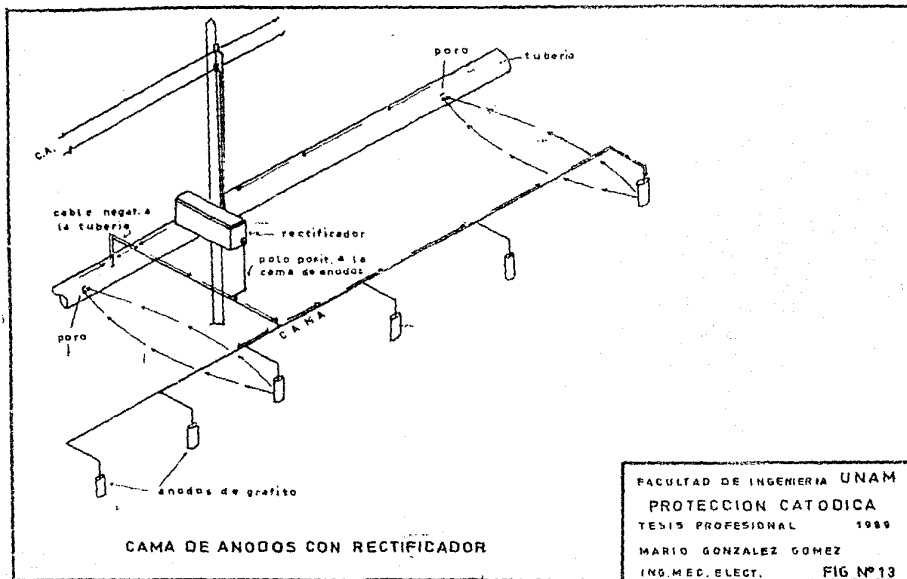
## 2.- DE ANODOS GALVANICOS.

A estos se le llama también de "sacrificio" porque al proporcionar la corriente de protección se consumen. Al interconectar un ánodo de sacrificio a la línea se forma una celda galvánica la cual produce la corriente protectora. (Ver fig. 14)

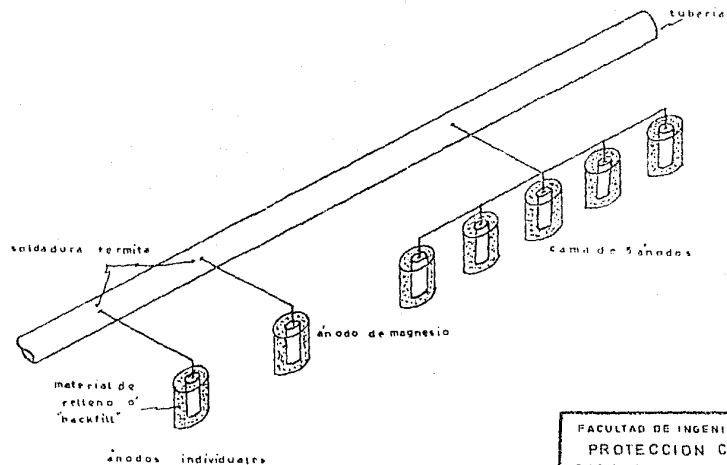
Los materiales más usados para la construcción de estos ánodos son: el Magnesio, el Zinc, el Aluminio y también sus aleaciones.

### 6.2.6 PRUEBAS.

Antes de llevar a cabo la instalación de un sistema para protección catódica, se llevan a cabo diversas pruebas y estudios como los siguientes:



FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 PROTECCION CATODICA  
 TESIS PROFESIONAL 1989  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG Nº 13



INSTALACION DE ANODOS GALVANICOS

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM  
 PROTECCION CATODICA  
 TESIS PROFESIONAL 1989  
 MARIO GONZALEZ GOMEZ  
 ING. MEC. ELECT. FIG N°14

- 1.- Se tendrá un levantamiento de los potenciales naturales a lo largo de toda la línea. Las mediciones se harán en los postes de amojonamiento y registro, localizados por el proyecto.
- 2.- Cuando la instalación concluya, se verificará la continuidad del circuito.
- 3.- La corriente de protección tendrá un valor aproximado a la corriente de protección que en el proyecto se indique.
- 4.- El potencial de protección deberá ser medido en todo el desarrollo de la instalación.
- 5.- 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).
- 6.- Para hacer las mediciones de potencial entre el elemento protegido y el terreno en que este se encuentra alojado, se usará un electrodo de cobre para completar el circuito a través del terreno.
- 7.- Para hacer las mediciones de potencial entre el elemento protegido y el agua en que este se encuentre alojado, -- se usará un electrodo de plata o cloruro de plata (Ag/Cl Ag) para completar el circuito, a través del agua.

8.- Para medir potenciales entre el elemento protegido y el medio en que este se encuentre se usará un voltímetro para corriente directa con resistencia interna mínima de -- 1000 Ohms por Volt.

9.- Medición de potenciales del elemento protegido con respecto al medio en que 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.

La lectura indicará el valor del potencial de protección.

10.- 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 instalación, en un momento dado, sería la que resulte de aplicar la si--- guiente fórmula:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{En donde:}$$

V = Diferencia de potencial (medida en los extremos del elemento de medición en milivolts).

I = Corriente de protección.

R = Resistencia del elemento de medición (valor mínimo ---- 0.01 Ohms).



11.- El valor de la corriente de protección suministrada por un rectificador de corriente alterna será indicado por el amperímetro con que para el caso debe contar dicho rectificador. Así también un voltímetro indicará el potencial de salida del rectificador.

12.- Resistencia del circuito.

El valor de (R) se procurará limitarlo dentro de los valores de 0.5 a 5.0 Ohms: R = resistencia del circuito.

Cabe hacer notar que todas las instalaciones o accesorios de tubería que no van enterrados: como válvulas de seccionamiento, trampas de diablos, soportes para tuberías, ramales de tubería, etc. van aisladas electricamente con el objeto de impedir que la corriente protectora, se fugue hacia otras estructuras. Para esto se colocarán empaques, bujes, arandelas; en válvulas bridadas; bandas de neopreno en asientos de válvulas y soportes de tuberías:

Todos estos materiales aprobados por la ASTM.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se dio importancia a la construcción de líneas de conducción para hidrocarburos, comparando estas con las arterias vitales de un organismo tan grande como "PETROLEOS MEXICANOS" y reforzando así el desarrollo de México.

Se hizo una descripción de la apertura del derecho de vía; el personal calificado y equipo; también se dieron recomendaciones para una mayor eficiencia en la realización de los trabajos.

En el capítulo IV- la fase más importante de la obra - se enuncian las técnicas de soldadura en línea regular y en lanzamiento, así como los procedimientos para la construcción de obras especiales y la aplicación de la supervisión radiográfica, señalando los defectos principales implicados por los códigos, en la ejecución de soldaduras.

En el capítulo V, exponemos lo referente a las envolturas anticorrosivas y el recubrimiento de concreto, detallando los procesos de ejecución para estas fases.

Por último se describen las pruebas de control para la entrega operación; como son la prueba hidrostática, la corrida de diablos y la protección catódica.

Por todo esto podemos afirmar que México está entre los primeros lugares del mundo, en lo que ha "CONSTRUCCION DE LINEAS DE CONDUCCION PARA HIDROCARBUROS" se refiere.

## B I B L I O G R A F I A

- NORMAS DE CONSTRUCCION DE PETROLEOS MEXICANOS
  - " SISTEMAS DE TRANSPORTE DE PETROLEO POR TUBERIA "
  - " RECUBRIMIENTO CONTINUO DE CONCRETO EN TUBERIAS DE CONDUCCION "
  - " INSTALACION DE SISTEMAS PARA PROTECCION CATODICA "
- CODIGO API 1104
- CODIGO ASME SECCION VIII
  - " PIPELINE CORROSION AND CATHODIC PROTECTION "
- PARKER M.E. GULF PUBLISHING. Co 1962.
- " THE CORROSION HANDBOOK"
- UHLIG. H.H. JOHN WILEY & SONS. N Y E. 1948
- " CATHODIC PROTECTION "
- MORGAN J.H., LEONARD HILL. LONDON, 1959