

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

"EL PROCESO DE SOLDADURA TIG (TUNGSTENO INERTE GAS) Y
APLICACION EN TUBERIAS DE TRANSPORTE DE PRODUCTOS DE
CONSUMO HUMANO"

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

RAMIRO LEOPOLDO DE LEON COHEN

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO

GUATEMALA, JUNIO DE 1, 996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(3747)
C.4

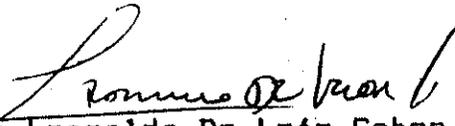
Guatemala, mayo de 1,996

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado:

EL PROCESO EN SOLDADURA TIG (TUNGSTENO INERTE GAS) Y SU APLICACION EN TUBERIAS DE TRANSPORTE DE PRODUCTOS DE CONSUMO HUMANO

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 23 de mayo de 1,995.


Ramiro Leopoldo De León Cohen

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORIZANO
VOCAL TERCERO	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL QUINTO	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. ROBERTO MAYORGA ROUGE
EXAMINADOR	ING. MAURICE BERNARD MULET LEZTEUR
EXAMINADOR	ING. EDGAR AGUSTIN CACERES
EXAMINADOR	ING. FRANCISCO CHINCHILLA
SECRETARIO	ING. PEDRO AGUILAR POLANCO

Quetzaltenango, 27 de febrero de 1996

Ingeniero
Jorge Siguere
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala.

Estimado Ingeniero Siguere:

Me es grato dirigirme a usted para manifestarle mi aprobación al trabajo de tesis titulado "El Proceso en Soldadura TIG (Tungsteno Inerte Gas) y su aplicación en tuberías de Transporte de Productos de Consumo Humano", elaborado por el Ingeniero Inieri Ramiro Leopoldo De León Cohen.

El estudiante De León Cohen, ha realizado un estudio acucioso y accesible al lector, por lo que me permito recomendar su trámite ya que cumple con todos los objetivos planteados originalmente.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo como su atento y seguro servidor.



Ing. Jorge Luis Dominguez
Colegiado No. 400
ASESOR

JLD/hihg
c.c. archivo

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

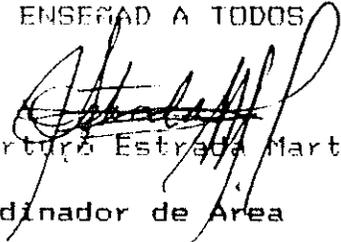


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado **El Proceso de Soldadura TIG (Tungsteno Inerte Gas) y su Aplicación en Tuberías de Transporte de Consumo Humano**, del estudiante **Ramiro de León Cohen**, recomienda su autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Arturo Estrada Martínez

Coordinador de Área

Guatemala, abril de 1, 1996.

/bedei.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area Complementaria, al trabajo de tesis titulado El Proceso de Soldadura TIG (Tungsteno Inerte Gas) y su Aplicación en Tuberías de Transporte de Productos de Consumo Humano, del estudiante Ramiro Leopoldo de León Cohen, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge C. Siguere Rockstroh
DIRECTOR DE ESCUELA

Guatemala, mayo de 1,996.

/behdei





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnicas
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Jorge C. Siguere Rockstroh, al trabajo de tesis titulado El Proceso de Soldadura TIG (Tungsteno Inerte Gas) y su Aplicación en Tuberías de Transporte de Productos de Consumo Humano, presentado por el estudiante universitario Ramiro Leopoldo de León Cohen, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK

DECANO

Guatemala, mayo de 1,996.

/behdei.



ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

mis padres: Ramiro de León López
Sara Cohen Alcahé de De León

mi esposa: Judith Lima de De León

mis hijos: José Ramiro De León Lima
Ricardo Israel De León Lima.

mis hermanas: Patricia y Lucrecia De León.

mi familia en general.

mis compañeros y
amigos.

usted Sinceramente.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a:

- Ing. Rodrigo Pérez Nieves, por la colaboración que en todo momento prestó para la realización de este trabajo.
- Ing. Jorge Luis Domínguez, por su asesoría en el desarrollo de la presente tesis.
- A la Gerencia y personal en general de Cervecería Nacional, S.A. por el apoyo y motivación que siempre he tenido en todos ellos.

INDICE

	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	1
GLOSARIO	3

CAPITULO 1 PROCESO DE SOLDADURA TIG

1.1	Proceso a través del tiempo	6
1.2	Principios de la soldadura con protección de gas (TIG)	6
1.3	Gases para la soldadura TIG	7
1.4	Máquinas para soldadura TIG	9
	1.4.1. Generalidades	9
1.5	Equipo de soldadura TIG	9
	1.5.1. Características del equipo	9
	1.5.2. Antorchas o pistolas	10
	1.5.3. Electrodo	11
	1.5.4. Recomendaciones para el mejor uso del tungsteno.	11
1.6	Tipos de corriente utilizados en soldadura TIG	12
1.7	Consideraciones especiales	13
1.8	Soldadura TIG en diferentes metales	14
1.9	Seguridad	17

CAPITULO 2 TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS DE CONSUMO

2.1	Normas para tubería de acero inoxidable	19
	2.1.1. Tipos de acero inoxidable	19
	2.1.2. Accesorios	19

CAPITULO 3
CONSIDERACIONES TECNICAS PARA EL PROCESO TIG
EN TUBERIAS DE ACERO INOXIDABLE

	<u>PAGINA</u>
3.1. Preparación de piezas	22
3.2. Tipos de juntas	23
3.3. Simbología	24
3.4. Pruebas normalizadas en soldadura	26
3.4.1. Inspección por partículas magnéticas	26
3.4.1.1. Descripción teórica	26
3.4.1.2. Magnetismo	27
3.4.1.3. Métodos de inspección	27
3.4.1.4. Equipo	27
3.4.1.5. Secuencia operativa	28
3.4.1.6. Ventajas y limitaciones de la prueba	29
3.5. Inspección por líquidos penetrantes	30
3.5.1. Descripción teórica	30
3.5.2. Capilaridad	30
3.5.3. Adherencia	30
3.5.4. Viscosidad	30
3.5.5. Cohesión	30
3.5.6. Tensión superficial	30
3.5.7. Emulsión	33
3.5.8. Equipo	33
3.5.9. Descripción del proceso	33
3.5.10. Secuencia operativa	33
3.5.11. Aplicaciones	34
3.5.12. Ventajas y limitaciones de la prueba	34
3.6. Inspección por ultrasonido	34
3.6.1. Descripción teórica	35
3.6.2. Longitud de onda	35
3.6.3. Nodo	35
3.6.4. Elongación	35
3.6.5. Amplitud de onda	35
3.6.6. Periodo y frecuencia	35
3.6.7. Transductores	36
3.6.8. Frecuencia	36
3.6.9. Acoplamiento	36
3.6.10. Métodos de inspección	37
3.6.10.1. Impulso-eco	37
3.6.10.2. Transmisión	37
3.6.11. Equipo	37

3.6.12	Determinación de la ubicación de los defectos	38
3.6.13	Secuencia operativa	38
3.6.14	Aplicaciones	38
3.6.15	Ventajas y limitaciones de la prueba	38
3.7	Inspección por radiografía industrial	39
3.7.1.	Descripción teórica	40
3.7.2.	Características de las Rayos X	40
3.7.3.	Requisiciones antes del proceso	41
3.7.4.	Equipo	41
3.7.5.	Película radiográfica	43
3.7.6.	Penetrámetro	43
3.7.7.	Secuencia operativa	43
3.7.8.	Técnicas radiográficas	44
3.7.9.	Seguridad radiológica	44
3.7.10	Ventajas y limitaciones de la prueba	45
3.8	Simbología de las pruebas no destructivas	48
3.8.1.	Elementos de los símbolos para pruebas no destructivas	48
3.8.2.	Letras que designan a la prueba	48
3.8.3.	Símbolos suplementarios	48
3.8.4.	Localización estándar de los elementos del símbolo de pruebas no destructivas	49
3.8.5.	Estipulaciones generales	49
3.8.6.	Significado de la localización de la flecha.	49
3.8.7.	Localización de letras que designan a la prueba.	49
3.8.8.	Pruebas combinadas	50
3.8.9.	Símbolos de soldadura y símbolos de pruebas no destructivas	51
3.8.10	Unidades métricas	51
3.8.11	Símbolos suplementarios	51
3.8.12	Prueba todo alrededor	51
3.8.13	Prueba en campo	51
3.8.14	Dirección de la radiación	52
3.8.15	Especificaciones, códigos y referencias	52
3.8.16	Localización, orientación y extensión de la prueba no destructiva	52
3.8.16.1.	Longitud	52
3.8.16.2.	Especificación para la localización de la longitud.	52
3.8.16.3.	Pruebas a todo lo largo de la soldadura	53
3.8.16.4.	Inspección parcial	53
3.8.16.5.	Cantidad de inspecciones	53

	<u>PAGINA</u>
3.9 Métodos destructivos	53
3.9.1. Defectos en soldadura	54
3.9.1.1. Soplo magnético	54
3.9.1.2. Porosidades	54
3.9.1.3. Falta de penetración	55
3.9.1.4. Socavaciones	55
3.9.1.5. Contaminación de la soldadura	55
3.10 Posiciones de trabajo	55
3.11 Limpieza química	56
3.12 Soldadura automática	56

CAPITULO 4
EXPERIENCIA EN INSTALACION Y PREPARACION DE ACCESORIOS

4.1 Preparación planos de soldadura	57
4.2. Opciones de cargadores	58
4.3. Fabricación de adaptadores	59
4.4. Fabricación de accesorios	62
4.4.1. Por medio de máquinas y herramientas	62
4.4.2. Fabricación por trazos	63
4.5 Recomendaciones en instalaciones	78
Conclusiones	79
Recomendaciones	80
Bibliografía	82

LISTADO DE GRAFICAS

FIGURA		PAGINA
1	Arco de gas tungsteno	7
2	Antorcha en soldadura TIG	10
3	Forma de preparar punta del electrodo	11
4	Equipo portátil de inspección por partículas magnéticas	28
5	Detección de falla por partículas magnéticas	28
6	Instrumentos que indican la presencia de campo magnético	30
7	Líquidos penetrantes	31
8 y 9	Defectos revelados por líquidos penetrantes	32
10	Longitud de onda	35
11	Ultrasonido	37
12	Bloque de calibración	37
13	Ecómetro	39
14	Controles para la generación de Rayos X	42
15	Fuente emisora de rayos X	42
16	Símbolo de pruebas o equipo que emite radiaciones.	45
17	Panel de controles (equipo para radiografía Rayos Gamma)	45
18	Contenedores	46
19	Culminador de Rayos Gamma	47
20	Culminador de Rayos Gamma	47
21	Instrumentos de medición para radiografía	47
22	Símbolos suplementarios (pruebas no destructivas)	48
23	Localización de los elementos	49

FIGURA

PAGINA

24	Localización de letras que designan a la prueba	49
25	Localización en el lado opuesto de la flecha	50
26	Localización en ambos lados	50
27	Localización en el centro de la línea	50
28	Pruebas combinadas	50
29	Simbolos de soldadura y simbolos de pruebas no destructivas	51
30	Simbolos suplementarios (prueba todo alrededor)	51
31	Prueba en campo	51
32	Dirección de la radiación	52
33	Localización, orientación y extensión de la prueba (longitud)	52
34	Localización de la longitud	52
35	Inspección parcial	53
36	Cantidad de inspecciones	53
37	Compensador lenticular y liras	60
38	Compensador de articulación elástica	60
39 y 40	Cono de revolución	63
41 y 42	Cono truncado	64
43	Cono truncado oblicuamente a su base	65
44 y 45	Trozo con su altura y perfil de su corte diagonal.	65
46	Trozo de cono de grandes diámetros y pequeña altura	66

FIGURA

PAGINA

47 y 48	Altura del trozo de cono y los círculos el plano de sus bases de gran diámetro y pequeña altura	66
49	Tubo vertical sobre plano o techo inclinado	67
50 y 51	Altura del tubo, perfil del plano sobre el que descansa el tubo	68
52 y 53	Cómo realizar corte en el tubo, altura y plano.	69
54	Unión de 2 tubos del mismo diámetro con sus ejes perpendiculares	69
55, 56 y 57	Altura y parte de unión de ambos tubos, la vista de frente, así como el círculo y el plano	70
58	Unión de 2 tubos distinto diámetro con sus centros perpendiculares	71
59, 60 61, 62	Altura, puntos de intersección, corte del agujero y plano	72
63	Unión de 2 tubos perpendiculares de distinto diámetro.	73
64, 65 66, 67	Altura vista del lado y de frente y plano, y corte del agujero.	73
68	Unión de 2 tubos mismo diámetro con ejes oblicuos.	74
69, 70 y 71	Plano de tubo oblicuo, plantilla, frente del tubo, plantilla del tubo oblicuo.	74
72	Unión de 2 tubos diferente diámetro con ejes oblicuos	75
73, 74 y 75	Altura e inclinación del tubo oblicuo.	75
76	Esfera por gajos	78
77 y 78	Plano de los gajos de la esfera	77

LISTADO DE TABLAS

TABLA		PAGINA
1	Tabla de valores para el cálculo de intensidad.	14
2	Tabla de amperaje que se va a usar, según el espesor y preparación de piezas que se soldarán	15 y 16
3	Tipos de acero inoxidable más utilizados en tubería según normas DIN	19
4	Superficies	21
5	Películas radiográficas (tipo película)	43
6	Tabla de valores para construcciones usuales de los compensadores de dilatación	61

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

El desarrollo de las industrias debe ir acompañado por un avance en las técnicas y la búsqueda cada día de una mejor cultura de calidad. Gran parte del éxito para alcanzar esto, lo constituye un sistema de tuberías y soldaduras que cumplen con todas las normas internacionales de alimentos y de ingeniería, por ello el desarrollo de éste trabajo de tesis llamado "El proceso de soldadura TIG (Tungsteno Inerte Gas) y su aplicación en tuberías de transporte de productos de consumo humano", trata de unir normas, técnicas y experiencias que servirán para mejorar los proyectos que se desarrollen en este campo.

En muchas empresas en Guatemala debido a crecimientos desordenados y por poco conocimiento de las normas y aplicaciones de las tuberías de acero inoxidable, se han cometido muchos errores en el uso de las mismas, como también se han desarrollado sistemas que tienen problemas como golpes de ariete, roturas de tuberías, vibraciones, etc. Además de utilizar sistemas antiácidos y no bien aplicados de soldadura (soldadura eléctrica sin uso de gases de protección) crean puntos de contaminación en las mismas que ya resultan muy difíciles de localizar y de resolver, que da como consecuencia pérdidas de productos por contaminación y altos costos de limpieza de las tuberías por los mismos defectos.

Con el presente trabajo, se tiene el objetivo primario de describir las ventajas del uso del método TIG para instalaciones sanitarias, y se introduce al operador en el uso adecuado de este proceso, con el conocimiento de electrodos, gases, amperajes, tuberías, materiales, maquinarias y su uso adecuado. Además de dar información sobre los tipos de aceros, tuberías, accesorios, instalación de tuberías, distanciamiento y tipos de cargadores, el uso de las liras y las juntas de expansión.

Para garantizar la instalación, se desarrolló un capítulo sobre lo que son los tipos de pruebas no destructivas y la forma de preparar los planos de las mismas, como ideas de la función y la utilización de cada una, de acuerdo con los tipos de soldaduras que se van a calificar y del presupuesto con que se cuenta.

Al final, se explican métodos para la realización de formas especiales de accesorios por medio de trazos o por maquinarias, herramientas con láminas y tuberías, ya que en

muchas ocasiones los proyectos pierden mucho tiempo de su desarrollo al no contar con accesorios específicos que no se encuentran en el mercado y se requiere tiempo realizando pruebas para la fabricación de los mismos; en ese capítulo con varios ejemplos, se dan bases para realizarlos por medio de un método o combinándolos.

Como punto final, se dan recomendaciones que se han adquirido con el tiempo en el desarrollo de instalaciones de tuberías, las cuales son experiencias que ayudarán a evitar errores muy comunes en las mismas y tomando en cuenta éstas se facilita el desarrollo y el éxito de los trabajos que van a realizar.

GLOSARIO

AISLADO:	separado de otras superficies por un material no conductor.
AUSTENICO:	aleación de acero inoxidable que contiene hierro-cromo-niquel de mucha maleabilidad y facilidad de soldar.
A.I.S.I.:	American Iron and Steel Institute (Instituto Norteamericano del Hierro y del Acero)
A.N.S.I.:	American National Standards Institute (Instituto Nacional Norteamericano de Normas) Nueva York, U.S.A.
A.S.T.M.:	American Society For Testing Materials (Sociedad Norteamericana para ensayo de materiales) Fundada en 1,898 (E.U.S.A)
BRIDA:	guarnición dispuesta en el extremo de un tubo con la finalidad de hacer posible el ensamble de un componente denominado también Brida.
CATUDO:	fuerza primaria de electrones en un tubo electrónico.
CEBADO:	iniciación del arco eléctrico por contacto momentáneo de dos conductores.
CORROSION:	acción corrosiva del agua sobre las paredes de un canal o tubería, debido a su gran velocidad.
DESTILACION FRACCIONADA:	proceso de destilación que implica la utilización de una torre de fraccionamiento, para separar isótopos en forma líquida o evaporación y recondensación; una corriente de vapor dirigida hacia arriba y una corriente líquida hacia abajo están constantemente intercambiando moléculas.
DÍN:	Deutsches Institute Für Noimung (Instituto Alemán de Normalización)

ELECTRO-PULIDO:	proceso de obtención de una superficie lisa, bruñida, sobre un metal al que se hace actuar como ánodo en una solución electrolítica, que disuelve preferentemente las diminutas protuberancias de la misma.
EMISION:	toda radiación de energía por medio de ondas electromagnéticas.
EXTENSION:	la operación de producir barras, tubos y distintas secciones perfiladas que forzan al metal caliente a través de una matriz adecuada, mediante un pistón. Se aplica a numerosos metales no ferrosos, aleaciones y otras sustancias.
FERRITICO:	aleaciones de hierro-cromo que contienen del 13 al 25% de cromo de gran dureza y con características inoxidables.
GASES NOBLES:	grupo de elementos constituidos por gases monoatómicos que tienen reductividad química.
GAS OCLUIDO:	gas absorbido en una materia, como en los electrodos, soportes, conductores y aislamientos.
HERTZIO-HERTZ:	nombre dado a la unidad de frecuencia, es decir, al ciclo por segundo o período por segundo.
INDUCTOR:	sustancia que acelera una reacción lenta entre dos o más sustancias, y reaccionan rápidamente con una de ellas.
I.S.O.:	International Standard Organization. (Organización Internacional de Normalización) Londres.
LENTICULAR:	de forma igual que una lente biconvexa.
LICUACION:	cambio de un gas a estado líquido por medio de su temperatura.
MARTENSITICO:	aceros Inoxidables que tienen la posibilidad de formar esta fase durante el enfriamiento rápido desde el estado austénico.

METALURGIA: arte y ciencia aplicados a los metales. Este término comprende la extracción de minerales, su refinado, aleccionado, trabajo mecánico y tratamientos, así como el estudio de su estructura, constitución y propiedades.

MICROPROCESADORES: ordenador de aplicaciones generales construido a base de circuitos integrado en gran escala, que hacen la función de unidad central de tratamiento.

OXIDO: compuestos del oxígeno con otros elementos; los óxidos se forman por combinaciones del oxígeno con otros muchos elementos, en particular a temperaturas elevadas, pero no con los del grupo 0 del sistema periódico o sea los gases inertes helios, argón, neón, etc.

PIEZO-EFECTO: efecto mecánico producido al aplicar una tensión.

PIEZO-ELECTRICO: que tiene la propiedad de generar una tensión cuando se aplica una fuerza mecánica o produce una fuerza mecánica cuando se aplica una tensión.

POLARIDAD: distinción entre cargas eléctricas positivas y negativas. Término general aplicado a la diferencia entre dos puntos de un sistema.

POLIMERO CONDUCTOR: plástico que presenta una elevada conductividad aproximadamente como la de los metales.

RACOR: accesorio que se emplea en las instalaciones eléctricas para conectar aparatos equipados con terminales de determinado tipo o tamaño, a tomas de corriente provista de terminales de distinta clase.

S.E.A.: soldadura al arco eléctrico

S.O.A.: soldadura oxiacetilénica.

CAPITULO 1. PROCESO DE SOLDADURA TIG

1.1 PROCESO A TRAVES DEL TIEMPO

Soldar es la unión permanente de dos piezas metálicas o de determinados productos sintéticos ejecutadas por medios térmicos. Hobart y Devers son las empresas que sustituyeron el electrodo consumible a un electrodo de tungsteno no consumible, y le adicionaron un gas inerte para proteger la soldadura de los efectos nocivos del oxígeno y nitrógeno. Este nuevo proceso fué experimentado utilizando los gases Argón y Helio para posteriormente patentarlo en el año 1,930, pero por los elevados costos de estos gases fue abandonado el proyecto.

En 1,941, Russell Meredith y V.H. Pylecka desarrollaron un nuevo tipo de antorcha para altas temperaturas y proveyeron al electrodo de tungsteno de una protección más eficaz, con lo cual consiguieron alargar la vida útil del electrodo y proteger adecuadamente la pieza que se va a soldar. La nueva patente fue otorgada a Meredith en el año 1,942 y el proceso recibió el nombre de Soldadura de Heli-Arc. Recibió este nombre porque inicialmente se trabajó con el gas Helio, que se utilizó para soldar las partes de magnesio de los aviones utilizados en la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente y al utilizar este proceso para otras clases de materiales, se utilizó el gas argón por ser más económico, por lo que el proceso se le empezó a denominar GTAW (Gas Tungsten Arc Welding). La República Federal de Alemania adoptó las siglas TIG (Tungsteno Inerte Gas) y lo normalizó como tal. En el medio guatemalteco y por ser la tecnología alemana la más utilizada en la mayoría de empresas, se le conoce con las siglas TIG.

1.2 PRINCIPIOS DE LA SOLDADURA CON PROTECCION DE GAS (TIG)

Ningún otro método de soldar se compara con el método TIG, cuando se trata de la cantidad de materiales soldables y combinaciones de materiales. Cuando otros métodos fracasan, el sistema TIG es el adecuado; es reconocido principalmente por su calidad de soldeo y se utiliza por ejemplo en las centrales de fuerza nuclear y las industrias alimenticias.

La soldadura TIG o Argonarc es un proceso de soldadura con arco eléctrico y gas, en el cual se utiliza un gas inerte para proteger la zona de soldadura de la atmósfera que la circunda. El calor necesario para la soldadura es provisto por un arco eléctrico muy intenso, el cual es establecido entre un electrodo de Tungsteno prácticamente no consumible y la pieza de trabajo. (Ver figura No.1).

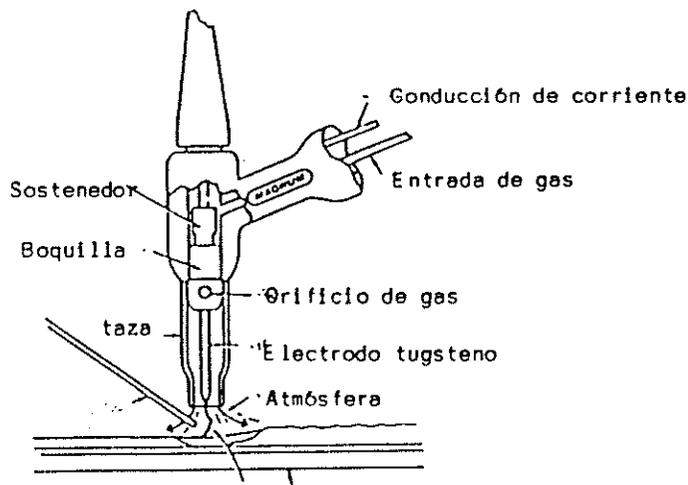


Figura 1

La soldadura TIG difiere de la soldadura eléctrica al arco (SEA) en que el electrodo no es fundido y hay que utilizar un material de aporte. En juntas donde es requerido metal de aporte, una varilla es alimentada dentro de la zona de soldadura y fundida con el metal base como en la soldadura oxiacetilénica.

En cualquier tipo de soldadura, la mejor soldadura obtenible es aquella que tenga propiedades químicas, metalúrgicas y físicas iguales al metal base. Para poder obtener tales condiciones, el área de fusión debe ser protegida de la atmósfera durante la operación de soldadura; de otro modo, el oxígeno y el nitrógeno atmosférico se combinarían rápidamente con el área de fusión y resultaría una soldadura frágil y porosa. En la soldadura TIG, la zona de soldadura es protegida de la atmósfera por un gas inerte, el cual es alimentado a través de la antorcha de soldar.

1.3 GASES PARA LA SOLDADURA TIG

Los gases más utilizados son el Argón y el Helio. Se utilizan mezclas en porcentajes diferentes de ambos gases, según la soldadura que se va a ejecutar.

EL ARGÓN es un gas noble, monoatómico, cuyo punto de fusión es de -189.3 C ; se extrae del aire por destilación fraccionada del aire líquido; su peso atómico es de 39.944 o sea aproximadamente 10 veces superior al del helio. El argón más puro que se puede utilizar para la soldadura es el que tiene un 99.99% de argón y el resto de oxígeno.

El porcentaje de Oxígeno que debe tener el gas argón para la soldadura de acero inoxidable y del cobre y sus aleaciones es del 0.1% y de nitrógeno de 0.5 a 1.5% como máximo para las aleaciones ligeras como el aluminio, el magnesio, el antimonio, etc. el % de oxígeno debe ser inferior al 0.01% y el de nitrógeno menor del 0.20%.

Se puede controlar perfectamente cuando el argón tiene una débil cantidad de oxígeno, lo que se aprecia cuando el material aportado es de aspecto brillante y blanco, pero si por el contrario el contenido de oxígeno es excesivo, el color del metal aportado es de un gris algo oscuro.

Mientras que durante la operación de soldar el caudal de gas Argón debe ser de 6 a 10 litros por minuto, utilizando gas Helio se debe trabajar con un caudal de 20 litros por minuto. Aquí se puede apreciar perfectamente la diferencia de peso que existe entre ambos gases.

EL HELIO es un gas noble; se encuentra en pequeñas proporciones en la atmósfera; fue identificado inicialmente en el sol (Helios = Sol) por el análisis del espectro de luz procedente de este astro. Se obtiene principalmente en los manantiales de gas de petróleo en los Estados Unidos. Su peso atómico es de 4,003. Se licúa a -259 C y su densidad es de 0.1784.

La misión de los gases es de proteger al tungsteno y al metal aportado o no aportado. A este último se le protege especialmente contra la acción del oxígeno y el nitrógeno del aire de la atmósfera. Según sea la aplicación del gas, así será también la soldadura de distintos materiales, partiendo de la base, que utilizando el sistema de soldar TIG; casi todos los metales son soldables, al menos dentro de los metales que conocemos.

El gas argón suelda aluminio, magnesio y cobre en espesores inferiores a 4mm. El helio soldando una misma pieza, con diámetros de tungsteno igual, con la misma longitud de arco, midiendo las tensiones en voltios y la intensidades en amperios, en comparación con el argón mantiene una tensión más elevada. Por consiguiente, con el helio se consigue más potencia de arco, lo que hace que se caliente más el metal base, y como es lógico conseguir mayor penetración del metal aportado. Se ha de tener en cuenta, después de lo explicado, que para las soldaduras de piezas de espesores grandes, siempre que sea posible se debe utilizar helio. Se obtiene otra gran ventaja de conseguir más penetración y se puede soldar con más velocidad.

Las mezclas de gases como 80% de helio y 20% de argón son utilizables al soldar aluminio y magnesio en máquinas automáticas. El argón con gas hidrógeno, con un 20% de hidrógeno suelda níquel y plata, y para la soldadura de los aceros inoxidables el argón debe tener una mezcla de hidrógeno en un 10%. Con esta mezcla, se produce menos porosidad en la soldadura. En nuestro medio, es más utilizado el argón por ser más económico que el helio; proporciona un arco mucho más estable y se obtiene un mejor cebado de arco.

En trabajos especiales como tubería de acero inoxidable en

transporte de producción de consumo humano se utiliza un gas protector para el cordón de raíz; esto es con el fin de neutralizar la acción del oxígeno de la atmósfera, el cual al ser introducido y como pesa más que el oxígeno, va sacando a éste del interior del tubo. Esto se consigue tapando ambas bocas del tubo y aplicando una manga con argón u otro gas que neutralice el oxígeno. Siempre es indispensable abrirle un orificio al tapón para que deje salir el oxígeno y que la presión del gas no se concentre en el cordón de raíz, lo que traería fallas técnicas.

1.4 MAQUINAS PARA SOLDADURA TIG

1.4.1 GENERALIDADES

Antes de iniciar un trabajo con soldadura TIG, el soldador deberá conocer minuciosamente los componentes del Equipo de TIG a utilizar. Leer cuidadosamente las indicaciones del fabricante; tener en cuenta que los principios son los mismos, pero dependiendo de la marca del equipo, así será su manejo.

1.5 EQUIPO PARA SOLDADURA TIG

1.5.1 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

La máquina que se va a utilizar en el proceso tiene que tener características especiales diferentes a las máquinas de Soldadura Eléctrica al Arco (SEA), en cuanto a voltaje y amperaje se refiere. Se puede utilizar una máquina generadora de combustión interna accionada por Diesel o gasolina, una transformadora o una rectificadora si se utiliza corriente directa (CD) con las dos polaridades, por ejemplo, para soldar aluminio (CA o CC+) y para acero inoxidable (CC-).

Generalmente las máquinas para soldar TIG son rectificadores basados en la técnica de convertidor de CD; con esta técnica, se reduce el consumo energético, el peso y las dimensiones de los equipos convencionales. Con la avanzada electrónica controlada por microprocesadores, se obtienen, entre otras ventajas, rapidez en la regulación y excelentes características en la soldadura.

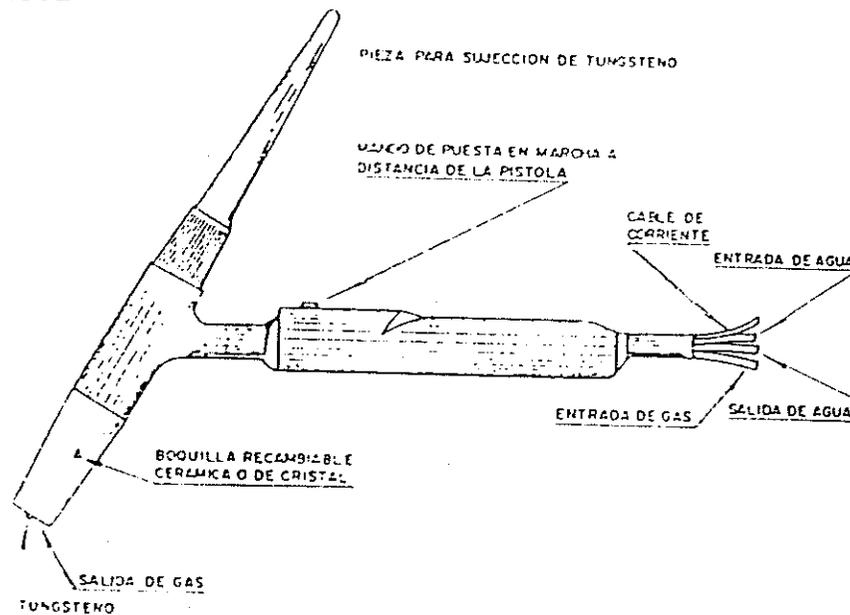
La técnica del convertidor se basa en el principio siguiente: el equipo está compuesto por un rectificador, un inversor, un transformador, un rectificador, un inductor y la unidad de control. El primer paso es la rectificación de la corriente primaria para después convertirla a una frecuencia muy alta en un módulo de transistores, después se transforma la corriente a un nivel adecuado para el soldeo, se rectifica la corriente, pasa por un inductor que la equilibra y se controla al final por la electrónica basada en microprocesadores.

1.5.2 ANTORCHAS O PISTOLAS

La antorcha consiste en un cuerpo metálico con componentes de cerámica y plástico conectada al cable eléctrico de la máquina y aislado convenientemente para evitar descargas eléctricas al operario. El gas inerte corre a través de la antorcha y lo dirige para proteger el electrodo y la pieza que se va a soldar.

La antorcha utilizada en TIG deberá cumplir las siguientes funciones: 1) mantener en posición correcta el electrodo de tungsteno. 2) proveer la conexión eléctrica al electrodo. 3) proveer el gas inerte necesario para proteger el electrodo y la zona de soldadura, y 4) aislar el electrodo y sus conexiones del soldador.

Una típica antorcha en soldadura TIG se muestra en la figura No.2



Los conocimientos son simples para montar y desmontar las partes de las antorchas, por ejemplo, las antorchas traen las boquillas de cobre según el amperaje que se va a utilizar. La taza difusora que es una pieza de cerámica o cobre que se ajusta a la boquilla por medio de una rosca y su forma y material también depende del amperaje y posición de soldar y las de cobre para elevado amperaje y las de cerámica para amperajes reducidos (menores de 200) y su único cuidado es no golpearla y cambiarla al ser astillada o estar muy quemada, pues al estar lastimada ya no mantiene la atmósfera protectora en la posición requerida. Si la máquina posee enfriamiento por agua de las boquillas, se deben mantener las conducciones en buen estado revisándolas constantemente. Las antorchas con boquilla de cobre se deben limpiar regularmente en su interior, pues las proyecciones metálicas pueden quemar los empaques de goma.

El resto de los componentes de la antorcha no necesita un mantenimiento muy estricto, sino únicamente un poco de atención en los cuidados clásicos de limpieza, soplar con aire el polvo, apretar las tuercas que se aflojan, etc.

El regulador del gas inerte hay que mantenerlo constantemente en observación cumpliendo con las medidas que el fabricante indica para mantenerlo en buen estado, así como las mangueras y sus adaptadores.

1.5.3 ELECTRODOS

Es importante elegir el tungsteno adecuado para cada caso de soldadura. El diámetro y la calidad de la limpieza del tungsteno son factores importantes a la hora de conseguir una cierta garantía de metal aportado, al mismo tiempo que proporciona una mejor estabilidad en el arco.

Según su diferente composición, los tungstenos puede ser:

- De tungsteno puro
- De tungsteno con 1 a 2% de torio
- De tungsteno con 1 a 2% de circonio

El tungsteno puro produce una potencia de arco más suave, por lo que se aconseja esta clase para cuando se deban soldar piezas de pequeños espesores. El torio aumenta el poder emisor del tungsteno. Cuando por un descuido se introduce el tungsteno entre el metal aportado, éste se contamina rápidamente; para evitarlo o para que esta contaminación sea menos grave, se emplea el torio, pero en metales especiales es preferible usar el circonio, por el poder de transportación de los electrones.

Ambos, circonio y torio tienen la propiedad que la intensidad no debe concentrarse puntualmente en una marcha catódica y soportan más corriente eléctrica, y se puede disponer de mayor estabilidad del arco al estar exentos de fluctuaciones.

1.5.4. RECOMENDACIONES PARA EL MEJOR USO DEL TUNGSTENO

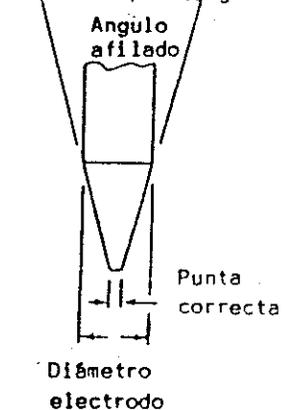
Habrà un arco estable cuando el tungsteno esté completamente limpio; deberá conservar su aspecto brillante después de haber terminado la soldadura; esto se consigue observando las siguientes indicaciones:

- a) Antes de comenzar a soldar, se debe dejar salir un poco de gas, con el fin de eliminar todo el aire que pueda haber en el interior del conducto de la pistola o antorcha y lo mismo después de cada terminación, la mancha azulada en el tungsteno nos indica que está contaminado.

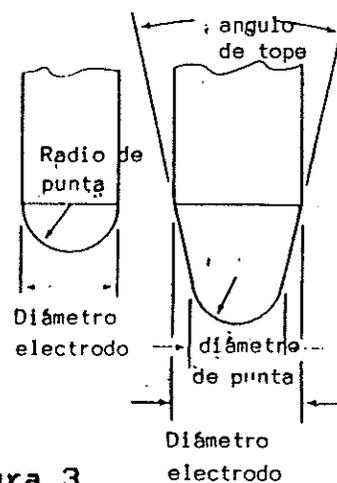
- b) El tungsteno nunca debe tocar ni al metal aportado, ni al baño de fusión, ni al metal de base, y si por cualquier circunstancia ocurriera esto, y el tungsteno se contaminara como es lógico, se debe pasarle la piedra de esmeril para quitarle dicha contaminación.
- c) El arco debe cebarse siempre en un trozo de cobre y nunca en acero o cualquier otro metal, pues se corre el peligro de contaminar el tungsteno.
- d) La longitud del tungsteno respecto a la pieza deberá mantenerse para evitar sobrecalentamiento. Esto varía de acuerdo con la posición de las piezas y la posición de soldar.

En la figura No.3, se observa la forma de preparar la punta del electrodo según el grosor y del metal que se va a soldar. La preparación del electrodo debe hacerse en una piedra especial para esmerilar metales duros.

Electrodo para uso con corriente DC con el electrodo al polo negativo



Electrodo para uso con corriente AC o de electrodo al polo positivo



Clase Corriente	Amperaje			Notas
	Bajo	Alto	Adecuado	
DC (-)				Para trabajar con alta amperaje, Recargue el electrodo de puntos
AC (~)				Adecuado para penetración de material delgado

Figura 3

1.6 TIPOS DE CORRIENTE UTILIZADOS EN SOLDADURA TIG

De acuerdo con el trabajo que se va a realizar, se puede aplicar para soldar con este sistema corriente alterna o corriente continua.

En la corriente continua se pueden emplear las dos polaridades que son polo positivo (polaridad inversa) y polo negativo (polaridad directa). No es recomendable utilizar el polo positivo y la polaridad inversa en el proceso TIG, ya que al estar el tungsteno conectado al polo positivo, los electrones circulan de la pieza a él, o sea, del polo negativo (polaridad directa) al positivo (polaridad inversa), dándole al electrodo un calentamiento excesivo, con el consiguiente peligro de que se funda el tungsteno, además

del que pasan partículas de tungsteno al metal depositado. Con esta polaridad, se consigue menor penetración; el arco es menos estable, por consiguiente este tipo de polaridad solamente es aplicable en casos excepcionales, pero con una intensidad inferior a los 80 amperios.

Al conectar el electrodo al polo negativo, se dá más cantidad de calor al metal base, y se logra con esto mayor penetración del metal aportado. Esta polaridad es perfecta para soldar los metales cuya capa de óxido se funde a una temperatura inferior que el metal base. La polaridad directa no sirve para soldar metales ligeros como el aluminio, magnesio y antimonio, porque la capa de óxido de estos metales, tiene una temperatura de fusión superior a la del mismo metal, como a continuación puede verse con el aluminio: Punto de fusión del aluminio 660° C, punto de fusión de la alúmina (AL₂O₃) 2,030°C. El soldar estos metales con esta polaridad no elimina ese óxido, por lo que se deberá de utilizar la corriente alterna que es excelente para estos metales.

Como es sabido, la corriente alterna cambia de periodo en nuestro medio, a 60 ciclos por segundo, por lo que el electrodo está alternando constantemente la polaridad. En el momento, está alternando cuando el tungsteno es negativo, y hace que el baño de fusión se sobrecaliente, y en el positivo se purifica; en este estado es cuando la capa de óxido o alúmina se rompe, pudiendo así soldarse perfectamente el metal de base. Como estos cambios de polaridad se realizan tan rápidamente, o da tiempo a que ese óxido se vuelva a formar, y se consigue una buena penetración y al mismo tiempo una perfecta limpieza del baño de fusión.

1.7 CONSIDERACIONES ESPECIALES

La corriente alterna viaja en ciclos por segundo, y es susceptible de ser modificada en la frecuencia de los ciclos, en la altura de la cresta positiva y negativa o balanceada en cualquiera de los medios ciclos. Actualmente todas las máquinas de soldadura TIG poseen estos tipos de control, ya que técnicamente es indispensable poder hacer estas variaciones para soldar aluminio o magnesio. La alta frecuencia en la corriente alterna (CA) se utiliza también para encender el arco (Cebir) y evitar contaminación previa del electrodo; por esa razón, las máquinas de corriente directa (CD) tienen instalado un contactor secundario de CA para encender el arco, automáticamente al encenderlo se da el cambio para utilizar solo la CD.

Asimismo como se marcó anteriormente, las necesidades actuales han exigido actualización de la tecnología, por lo cual las máquinas de corriente directa también traen controles especiales que permiten modificar los impulsos en la CD, y se utilizan en soldaduras en posiciones difíciles como sobre cabeza.

Al tungsteno no debe aplicársele una intensidad más elevada de la que corresponde a su diámetro; puede aproximarse la temperatura a su punto de fusión, pero sin que llegue a formarse en su extremo una bola de metal fundido, lo cual nos señala que estamos utilizando una intensidad demasiado elevada para el diámetro del tungsteno empleado; se puede decir que estamos trabajando con poca intensidad o que el diámetro del electrodo es demasiado grande. Si el arco fuese muy poco estable, por lo que se desplaza de un lado a otro constantemente en la punta del tungsteno o éste está sucio o mal afilado. A continuación, una tabla de valores aproximados para el cálculo de la intensidad dependiendo los diámetros de electrodos más utilizados, que está sujeto siempre al tipo de máquina que se utilizará.

1.8 SOLDADURA TIG EN DIFERENTES METALES

La preparación de las piezas es similar al soldar con Soldadura Eléctrico al Arco (SEA) independientemente del metal, la limpieza de las piezas que se van a soldar es condición importante para una buena soldadura.

Aceros de mediano carbono

Para la soldadura de aceros con mediano contenido de carbono (0.30%) utilizado en perfiles, tubería y planchas, no se usa por lo general la soldadura TIG por su costo. Este tipo de aceros se utiliza en construcciones de estructuras metálicas de edificios, puentes, herrería, etc. Salvo en condiciones muy especiales como, por ejemplo, para soldar el cordón de penetración en tuberías de alta presión, se utiliza el sistema TIG, y se utiliza la corriente continua.

Aceros Inoxidables

En aceros inoxidables, independiente si son austénicos ferríticos o martensíticos, se utiliza preferentemente este sistema (TIG), la corriente que se va a utilizar debe ser continua así como el electrodo conectado al polo negativo (CD-). El amperaje que se va a utilizar va en proporción con el espesor del metal a soldar. La siguiente tabla indica el amperaje a usar dependiendo el espesor y la preparación de la piezas a soldar.

TABLA No.1

ESPESOR DEL MATERIAL	1.6mm	2.4mm	4.8mm	12.7mm
Diámetro electrodo	1.6	1.6	2.4	3.2
Amperios	100/140	100/160	150/250	150/300
Voltios	12	12	12	12
Diámetro Boquilla	9.5mm	9.5mm	9.5mm	12.7mm
Gas/min	9.4	9.4	9.4	11.8

INCIDENCIAS Y REMEDIOS DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO

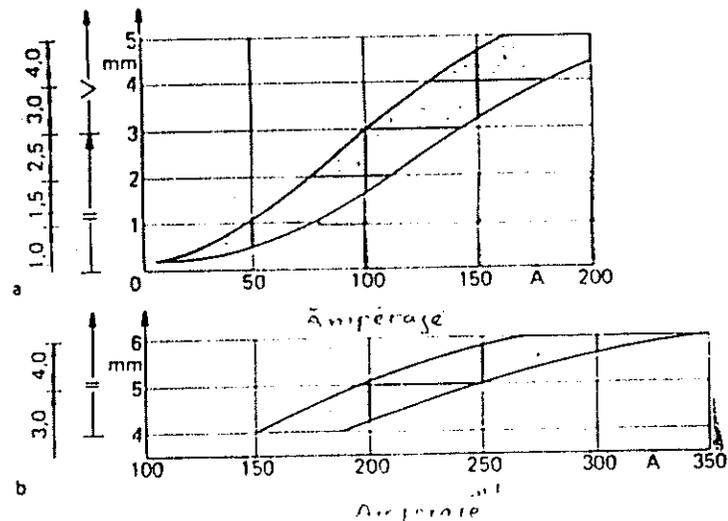
CORRIENTE MAS APROPIADA SEGUN SEA EL METAL A SOLDAR

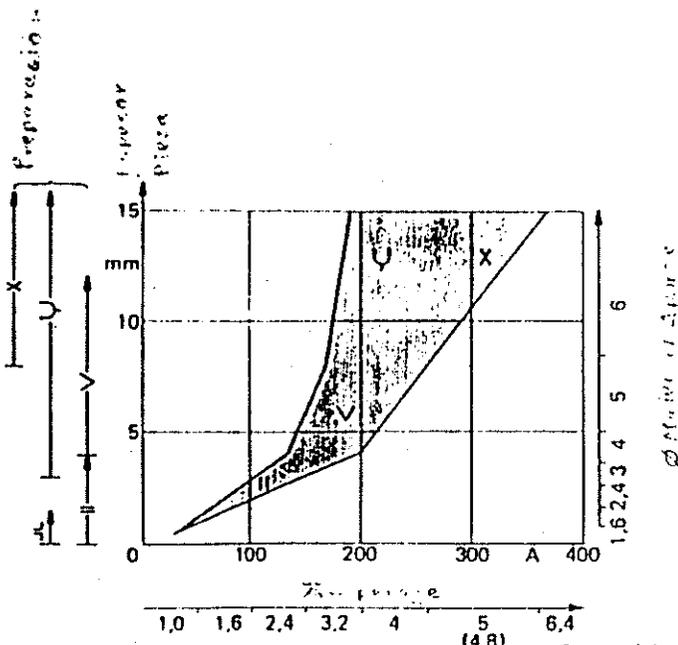
	Electrodo al polo negativo	Electrodo al polo positivo	Corriente alterna
Aluminio.	No	Bien con intensidad menor de 100 Am.	Excelente con alta frecuencia.
Magnesio de espesor menor de 3 mm.	No	No	Excelente
Magnesio de espesor de más de 3 mm.	No	No	Excelente
Aceros inoxidable de espesor menor de 2 mm.	Bien	No	No
Aceros inoxidable de espesor de más de 2 mm.	Excelente	No	No
Aceros débilmente aleados de espesor menor de 4 mm.	Excelente	No	Bien
Cobre de espesor menor de 15 mm.	Excelente	No	No
Cobre de espesor de más de 15 mm.	Excelente	No	No
Niquel.	Excelente	No	No

TABLA No. 2

AMPERAJE A UTILIZAR DEPENDIENDO DEL ESPESOR EN ACEROS Y ALUMINIOS

Material
Aporte
Preparación
Espesor
Pieza





6 ELECTRODO
ALUMINIO

Intensidad de corriente que soporta el electrodo en función de su diámetro para electrodos de Tungsteno puro: con electrodos que contengan torio y circonio en un 50% más de intensidad.

Electrodos Diámetro en mm	Corriente Directa		Corriente alterna
	Electrodo polo negativo	Electrodo polo positivo	
1	25 a 70	15	15 a 50
1.6	60 a 150	10 a 20	40 a 110
2	100 a 200	15 a 25	70 a 140
3	200 a 350	25 a 40	140 a 200
4	350 a 520	40 a 60	200 a 275
5	520 a 800	60 a 85	260 a 365

Los bordes de las piezas que se van a soldar deben ser pasados al esmeril para bicelarlos, puntear alternadamente las piezas para evitar contracciones por la temperatura y efectuar un pequeño cordón en dirección opuesta a la soldadura, con el fin de evitar cualquier prolongación de fisura que pueda surgir a medida que se va efectuando el cordón de penetración. El método de soldar que se va a utilizar es de izquierda a derecha, teniendo en cuenta que conforme se va realizando el cordón de penetración hay que protegerlo por la parte opuesta, con una manguera de Gas Argón, nitrógeno o una mezcla de ambos, si no se efectúa esta técnica, quedaría el cordón con defectos con un aspecto quemado. Hay que tener en cuenta que la presión del caudal del gas de protección del cordón debe ser inferior al caudal del empleado en la antorcha, pues de ser igual o mayor que éste, no penetraría la soldadura. El aporte de varilla hay que realizarlo de forma que ésta entre en el baño de fusión dando la misma impresión como si la metiésemos en un

recipiente con agua y de ningún modo aportar la varilla en forma de gotas.

La antorcha debe llevar una inclinación en el sentido del avance con relación a la superficie de la pieza de 45° y el material de aporte de 30° a 45° . La boquilla debe de ir rozando ligeramente el metal de base, y darle un finísimo movimiento lateral, de izquierda a derecha para facilitar el avance de la antorcha.

El roce de la boquilla se hace con el fin de llevar más estable y conseguir mejor estructura del cordón.

La distancia que ha de tener el tungsteno con relación al metal de base ha de ser de 2mm aproximadamente para evitar que el aire se mezcle con el metal aportado, y le cause a éste una oxidación. Las técnicas de preparación utilizadas en todas las posiciones son las mismas, teniendo en cuenta que cuando las piezas que se van a soldar sean de espesores mayores a 10mm; después del cordón de penetración, los siguientes cordones se harán con electrodos de acero inoxidable y SEA.

Aluminio y sus aleaciones

Industrialmente se conocen en el medio tres grupos de aluminio:

Aluminio puro (al 99.9 99.5 etc.)

Aluminio manganeso, aluminio magnesio (Binarios)

Aluminio-magnesio-silicio y aluminio-cobre-silicio (Ternarios)

Por la razón técnica anterior, se debe saber elegir el material de aporte adecuado (ver DIN 1732). Como se trató en el capítulo 1.6, el óxido del aluminio, la alúmina, se funde a 2050°C , que es temperatura mayor que el mismo aluminio, por lo tanto con el método TIG, no se utilizan agentes químicos (como en soldadura autógena), sino que a través de influencias físicas, cuyo resultado es a través de la CA que forma el arco eléctrico. Por utilizar CA para soldar aluminio, los amperajes son diferentes que al soldar aceros inoxidables, la tabla # 2 nos indica los amperajes aproximados.

En los aluminios al cobre, hay que tomar en cuenta que únicamente el cobre (Cu) libre de oxígeno se puede soldar; de lo contrario los defectos como porosidades y grietas afectan enormemente la calidad de la soldadura.

1.9 SEGURIDAD

Toda persona que tenga que maniobrar un equipo de soldadura TIG deberá estar familiarizado con las indicaciones que sobre el tema han editado las instituciones gubernamentales como el IGSS y las indicadas por las empresas privadas que distribuyen estos equipos. Para información más completa de las empresas sobre estos temas, se deben consultar las

normas americanas ANSIZ49.1, "Seguridad al Cortar y Soldar" y ANSIZ49.2 "Prevención de Fuegos en el Uso de los procesos de Corte y Soldadura". El manejo de gases comprimidos en CGA P-1.

Adicional a esto, las áreas potenciales de riesgo y los cuidados que se deben tener son los siguientes:

- a) Los gases comprimidos en los cilindros portátiles hay que maniobrarlos cuidadosamente; evitar los golpes y sujetarlos correctamente, transportarlos con el capuchón de seguridad colocado, y no lastimar las válvulas de acople de mangueras.
- b) Antes de conectar el regulador a los cilindros, hay que abrir momentáneamente la llave para que partículas dañinas sean expulsadas. La válvula debe estar al lado contrario del operador.
- c) Después de conectar el equipo, se deben abrir lentamente las llaves de las válvulas para evitar que se dañen los componentes internos de las mismas. La válvula principal se debe abrir ligeramente para poder cerrarla rápidamente en un momento de riesgo.
- d) Proteger al operario de los rayos dañinos que emite el arco eléctrico (infrarojos, ultravioleta, luminosos) de los humos que se producen y de la temperatura de las piezas que se van a soldar. Utilizar guantes, careta especial de soldar, anteojos plásticos, mangas, polainas y mascarilla.
- e) La conexión de la tierra deberá estar lo más cerca posible del área de soldadura, para evitar sopro magnético.
- f) Cuando desmonte el electrodo de tungsteno, debe asegurarse de que la máquina esté desconectada (off).
- g) Nunca enfríe la antorcha directamente con agua, pues puede dañar las partes internas y contaminar la boquilla.
- h) Nunca hay que lubricar con aceite las partes del equipo, preferiblemente utilizar grafito seco.
- i) Remover todo el material inflamable cerca del perímetro del área de trabajo.
- j) Respetar las normas eléctricas que para el efecto dicte el INDE o Empresa Eléctrica.

CAPITULO II

TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS DE CONSUMO

2.1 NORMAS PARA TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE

La siguiente tabla indica los tipos de acero inoxidable más utilizados en tubería y grifería según las normas DIN y AISI utilizadas para la industria de bebidas, alimenticia, química y farmacéutica. Asimismo los porcentajes de los elementos utilizados en las diferentes aleaciones.

TABLA No.3

MATERIALES

Material núm. según DIN 17007	AISI	Denominación del acero, según acc. to DIN 17007	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	Ni %	Ti %
1.4301	304	X 5CrNi 1810	≤ 0.07	≤ 1.00	≤ 2.00	17.00 - 19.00		8.50 - 10.50	
1.4306	304 L	X 2CrNi19 1	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	18.00 - 20.00	-	10.00 - 12.50	-
1.4401	316	X 5CrNiMo1810	≤ 0.07	≤ 1.00	≤ 2.00	16.50 - 18.50	2.00 - 2.50	10.50 - 13.50	
1.4404 "	316 L	X 2CrNiMo1810	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	16.50 - 18.50	2.00 - 2.50	11.40 - 14.00	
1.4435	316 L	X 2CrNiMo1812	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	17.00 - 18.50	2.50 - 3.00	12.50 - 15.00	
1.4571	316 Ti	X 10CrNiMoTi1810	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	16.50 - 18.50	2.00 - 2.50	10.50 - 13.50	Ti: 5x%C: 0.08

2.1.1 Tipos de Acero Inoxidable para Tubería

Los tubos utilizados en las empresas corresponden a la norma DIN 11850, y vienen con soldadura longitudinal y calibrados según las especificaciones técnicas DIN 17455. Toda la tubería de acero inoxidable admite soldadura, sin necesidad de ningún tratamiento anterior o posterior. La ejecución de la superficie de los tubos viene indicada por letras como lo indica la tabla 4.

La superficie interior de los tubos, dependiendo del uso, puede ser tratada electropulido o con decapados al interior. Los diámetros más utilizados como tubos conductores para bebidas son normalizados según DIN 11850.

EJECUCION	DIMENSIONES	CONTENIDO
10 DIN	12x1 MM	0,079 LITROS X MIN
15 DIN	18x1 MM	0,201 " " "
20 DIN	22x1 MM	0,314 " " "
25 DIN	28x1.5 MM	0,531 " " "
32 DIN	34x1 MM	0,804 " " "
40 DIN	40x1 MM	1,133 " " "
50 DIN	52x1 MM	1,963 " " "
65 DIN	70x2 MM	3,420 " " "
80 DIN	85x2 MM	5,150 " " "
100 DIN	104x2 MM	7,850 " " "
125 DIN	129x2 MM	12,270 " " "
150 DIN	154x2 MM	17,660 " " "

2.1.2 Accesorios

Todos los accesorios (grifería, juntas, etc.) que entran en contacto con el producto que se está fabricando tienen que estar fabricados de material laminado y regirse por la ley de Productos Alimenticios (sin polímeros básicos tóxicos, sustancias de relleno, ni disolventes) según la norma DIN 11861. Para los empaques VMQ (siliconia) EPDM (Etileno-Propileno) y NBR (caucho nitrílico), se tiene que disponer de licencias especiales de acuerdo con el producto que entre en contacto con la tubería.

Los accesorios más utilizados en el montaje de tubería son: válvulas de doble asiento, válvulas de escuadra, válvulas de asiento inclinado, válvulas de fondo de cuba, válvulas de derivación, racores, válvulas asépticas de escuadra, válvulas asépticas de asiento inclinado, acoplamientos, válvulas de seguridad, válvula de vacío, grifería para depósitos, válvulas de mariposa, accionamiento neumáticos, bridas, válvulas de retención, mirillas, maguitos para mangueras, codos, tees, piezas en cruz, etc.

Por lo general, estos accesorios y juntas las proporcionan las empresas para un montaje específico de acuerdo a catálogos. Actualmente empresas grandes en el medio cuentan con talleres de Máquinas-herramientas donde fabrican sus propios accesorios de acuerdo a sus necesidades. Existen máquinas para doblar tubos, máquinas con herramientas de modelar con prensas de excéntricas, de manubrio, de rodillos, de husillo, hidráulicas, etc., o algunas empresas que se dedican a la fabricación de accesorios por contar con máquinas específicas como bordoneadoras, abocardadoras, rebordeadoras, canteadoras de chapas, etc.

TABLA No. 4**SUPERFICIES**

Denominación según DIN 11850	Superficies		Tratamiento
	Interior	Exterior	
CC	bruñido metal desnudo valor medio de rugosidad Ra \leq 0,8 μ m cordon de soldadura Ra \leq 1,6 μ m	bruñido metal desnudo	sin tratamiento térmico
BC		bruñido metal desnudo	con tratamiento térmico
CD		esmerilada con grano 400 ó pulido	sin tratamiento térmico
BD			con tratamiento térmico

NORMAS PARA CONSULTAS

ISO	DIN	TITULO
544	1732 8556 8575	Diámetros y tolerancias del material de aporte para soldadura eléctrica y autógena.
598	1912	Simbología
R857	1910 8505	Métodos de soldadura
864	8559	Material de aporte para soldaduras con protección de gas.
R947	54111	Pruebas de Rayos X o Rayos Gamma.
R1027	54109	Calidad de las pruebas de Rayos X y Rayos Gamma.
2503	9546	Presiones para gases envasados
3041	8563	Cordones de soldadura
5171	8549	Manómetros
5172	8543	Sopletes
	8551 8552 2559	Preparación de piezas para soldar.
	4647	Seguridad al soldar
	8524	Defectos de soldadura.
	9561	Pruebas de soldadura

CAPITULO III

"CONSIDERACIONES TECNICAS PARA EL PROCESO TIG EN TUBERIAS DE ACERO INOXIDABLE"

3.1 PREPARACION DE PIEZAS

Primeramente se debe conocer la clase de acero inoxidable que se van a soldar, sus especificaciones técnicas, tratamiento térmicos, si se necesitan antes o después de la soldadura, preparación mecánica antes de soldar, por los cambios de temperatura las tuberías modifican su longitud, es conveniente saber qué tipos de soportes rígidos llevarán, etc.

Para realizar este tipo de soldadura, el procedimiento operacional es parecido al de soldar chapas de acero inoxidable. Como ejemplo, se puede poner una tubería que tenga varios tramos que empalmar; el espesor de la tubería es de 2mm, por lo que las costuras (soldaduras) deben quedar bien unidas y sin bisel. Antes de empezar la operación de soldeo, se debe llenar dicha tubería de gas argón, nitrógeno, o cualquier otro que neutralice el oxígeno de la atmósfera, el cual al ser introducido, como pesa más que el oxígeno, va sacando a éste del interior del tubo. Esto se consigue tapando ambas bocas del tubo con unos moldes de madera, los cuales deben llevar dos orificios, uno en cada extremo.

Aplicando una manguera con argón u otro gas al tubo inferior, si la tubería es de poco diámetro, bastará que entre el gas normalmente, o sea con un manómetro puesto en el cilindro y dándole una presión, de salida de gas de 15 litros por minuto, o incluso llegando al máximo de presión, y esto es suficiente para que la tubería se llene en poco tiempo. Si por el contrario, la tubería fuese de mayor diámetro y excesivamente larga, habrá que meter el gas directamente sustituyendo el manómetro, hasta llenarlo; o sea que se debe preparar un acoplamiento del mismo diámetro y la misma rosca que la salida del gas del cilindro; para que salga más cantidad, también se debe calcular el tiempo que tarde en llenarse sabiendo la capacidad del tubo, con el fin de economizar al máximo el gas empleado. Una vez lleno el tubo por este procedimiento, se le puede poner el manómetro al cilindro y una goma, e ir metiendo gas a una presión que nos dé el aguante de la salida. Si por cualquier fallo del tubo no le damos una salida al gas, la presión de este se concentraría en la costura y la terminación del cordón no se dejaría soldar, porque la presión del gas intentaría salir por el trozo de costura que va a quedarse sin soldar, evitando que el metal aportado se una al metal base.

Es conveniente, aunque estén bien unidas las costuras, poner cinta aislante todo alrededor de las juntas, con lo que se evita cualquier pérdida de gas. Dicha cinta se va

levantando a medida que se realiza el cordón.

Si se emplea gas argón para neutralizar la atmósfera del interior del tubo, este gas siempre empuja hacia arriba. Esto quiere decir que si la tubería está a nivel, es lo mismo introducir el gas por un lado que por el otro, pero si el tubo tiene alguna inclinación, se debe procurar meter el gas por la parte inferior. Siendo piezas de un espesor de 2mm, la costura se soldará de una sola pasada y con varilla de aportación, siguiendo el mismo método operatorio de las chapas de acero inoxidable; si la tubería no se pudiera soldar girándola continuamente, se procurará realizar los cordones en dos mitades, desde luego, iniciando cada cordón en la mitad de la parte inferior del tubo. Empezando en esa posición, es más difícil la parte inferior. En tuberías de mayores espesores, el procedimiento será el mismo: Se bicelan los tubos dependiendo el espesor, se ejecuta el cordón de penetración y si las piezas son de espesor mayor a 8mm, los siguientes cordones se harán con SEA.

Técnicamente es preferible puntear las costuras cada 20mm, según el diámetro del tubo se deben esmerilar luego los principios y las terminaciones de los puntos, haciéndoles una pequeña entrada lo suficiente fina para que se haga una buena unión entre el cordón que se va realizando y dichos puntos.

Recordar que cada vez que se interrumpa o se haya terminado el trabajo, se debe dejar la pistola cierto tiempo encima del metal aportado para que el gas que sigue saliendo de aquella a causa del realizar (Post Flujo) proteja el cordón contra la contaminación de la atmósfera.

Como observación final, no se debe limar, esmerilar o tratar de darle una mejor presentación por medios mecánicos a la soldadura efectuada (salvo cuando se han efectuado cordones por ambos lados de la pieza a soldar), pues se corre el peligro de dejar entalladuras, y si las soldaduras están espuestas al medio ambiente, puede haber oxidación o disminuir la resistencia de la parte soldada.

3.2 TIPOS DE JUNTAS

A) TOPE

La preparación de juntas a tope depende del espesor de las mismas. Para espesores entre 0.6mm a 2.5mm, no se bicelan. Cuando se puede soldar de ambos lados el espesor de la chapa, puede aumentar hasta 6mm, y mantener siempre una separación entre las chapas igual al diámetro del núcleo de electródo que se va a utilizar. La forma de elegir el tipo de chaflán que va a ser empleado depende de las condiciones de trabajo; desde luego, siempre es más interesante en "X" que en "V" porque la contracción transversal de esa unión es proporcional a la cantidad del material depositado en la junta.

B) EN ANGULO O TRASLAPE

En las uniones en ángulo, hay que observar que los cordones mantengan el mismo espesor para que las tensiones producidas en los cordones por flexión no sean excesivas. El espesor de los cordones en ángulo serán igual o superior a 0.7 por el espesor del ala de la pieza a soldar; siempre hay que tomar el espesor más delgado de la chapa a unir, para un cálculo más exacto de los cordones en ángulo ver DIN 4101. Para las juntas en "T", valen las mismas recomendaciones que en el ángulo.

3.3 SIMBOLOGIA

Para soldar es indispensable el uso de la corriente de la polaridad y de las posiciones indicadas. Para distinguir-las, se han utilizado símbolos que figuran al pie de cada uno de los elec-ángulo trodos.

Dichos símbolos son:

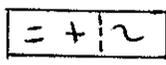
~ para corriente alterna + para polo positivo
= para corriente directa - para polo negativo

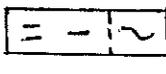
= corriente alterna

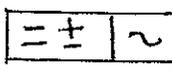
 = corriente directa polo positivo

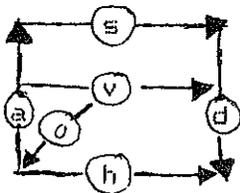
 = corriente directa polo negativo

 = corriente directa polo positivo o negativo

 = corriente directa polo positivo o corriente alterna

 = corriente directa polo negativo o corriente alterna

 = corriente directa polo positivo o negativo corriente alterna



 = 1 = h. o. a. d. v. s.

 = 2 = h.o.2.v.s.

 = 3 = h.o

= 4 = h

 = 2 = h.o.a.v.s y d condicionado.

SIMBOLOS PARA POSICIONES DE SOLDADURA

h= para soldar en todo plano horizontal, menos en ángulo.

o= para soldar la junta de un ángulo de 90°

a= para soldar en posición vertical ascendente.

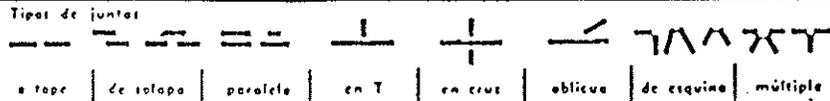
d= para soldar en posición vertical descendente.

s= para soldar sobre cabeza.

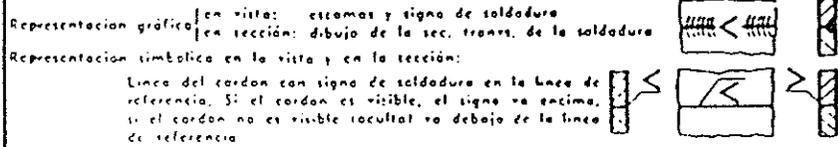
v= para soldar horizontalmente sobre un plano vertical.

Soldadura por fusión · Soldadura de juntas · Soldadura por aportación

DIN 1912
Julio 60 Mod. 61



Las formas de los cordones de soldadura pueden caracterizarse mediante símbolos



Sim. para forma de la junta	Sim. para indic. complementarias	Designación	Ejemplos de representación en los dibujos	
			Representación gráfica Sección	Representación simbólica Sección
Sald. en borde	Saldadura abastada	Signo de soldadura en general		
Sald. en l.	Transiciones rebabadas			
Sald. en V	Cepas de soldadura e al. trasv.	Sald. en V con cepas de soldadura por el reverso e a 12 mm ± 10 mm		
Sald. en X	Soldadura de ángulo simple			
Sald. en Y	Signos de montes y estructuras de la línea de referencia	Soldadura en Y e a 10 mm		
Sald. en X				
Sald. en U	Orificio de la soldadura	Soldadura angular Transiciones rebabadas e a 5 mm ± 140 mm		
Sald. en V	Orificio de las soldaduras. Línea de la referencia			
Sald. en K	Soldadura de ángulo	Soldadura angular oculta e a 6 mm		
Sald. en Y	Soldadura abastada			
Sald. en K con cima	Soldadura de ángulo	Soldadura angular oculta e a 6 mm		
Sald. frontal de solapa	Línea auxiliar para indicar soldadura por cordones de soldadura en transiciones rebabadas	Soldadura en solapa		
Sald. angular	Línea auxiliar para indicar soldadura por cordones de soldadura en transiciones rebabadas			
Soldadura de refuerzo	Línea auxiliar para indicar soldadura por cordones de soldadura en transiciones rebabadas			
Soldadura de aportación	Línea auxiliar para indicar soldadura por cordones de soldadura en transiciones rebabadas	Soldadura de aportación		

Soldadura Tuberias

3.4 PRUEBAS NORMALIZADAS EN SOLDADURA

La norma UNE 14-044-73 da a conocer un conjunto de reglas e instrucciones sobre todos y cada uno de los aspectos que deben considerarse en la inspección de construcciones soldadas durante su ejecución en el taller y montaje de obra. Aun cuando en la construcción de una estructura metálica, se hayan adoptado técnicas adecuadas y se haya vigilado su correcta aplicación para mayor seguridad se llevará a cabo su inspección.

Tanto las mediciones a que dará lugar la inspección visual como la realización de la inspecciones no destructivas, entre las que se cuentan las radiografías, ultrasónicas, magnéticas, etc., los ensayos semidestructivos y destructivos, así como las pruebas de carga que puedan ser necesarias para asegurarse de las correctas condiciones de una estructura de acero, serán encomendadas a un inspector, a un centro técnico o a una empresa especializada, que ya las hay en nuestro medio, cuya solvencia técnica e independencia de juicio estarán acreditadas. Todo ello sin perjuicio de la función inspectora definitiva, que será misión del director de la obra examinada.

3.4.1. INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

La prueba con partículas magnéticas es uno de los métodos más comunes de pruebas no destructivas. El método permite detectar discontinuidades en materiales que pueden ser altamente magnetizados. El principio en el cual se basa es que los materiales ferromagnéticos tienen la propiedad de convertirse en un imán.

PROCEDIMIENTO: la pieza que se va a examinar es magnetizada induciendo en ella un campo magnético, el cual tiene fugas cuando la superficie examinada no es continua. Si a esta pieza magnetizada se le aplican partículas ferromagnéticas, éstas serán atraídas hacia cualquier fuga de campo, dando así una indicación de las discontinuidades. Este método permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos.

3.4.1.1 DESCRIPCION TEORICA

Las soldaduras con poros, cavitaciones, fracturas y demás defectos superficiales, crean un fenómeno de oposición al paso de las líneas de flujo magnético. Al aplicarse limadura fina de hierro, se puede observar fácilmente el fenómeno, pues el polvo de hierro tenderá a seguir las líneas del flujo magnético y, en las discontinuidades donde se interrumpe el flujo, se acumularán dichas partículas; si se trata de una buena soldadura las limaduras de hierro, se distribuirán uniformemente.

Para inducir campos magnéticos, se usan corrientes eléctricas en los materiales ferromagnéticos, ya que una corriente eléctrica, al pasar a través de un conductor recto, crea un campo magnético circular. Para un examen confiable, las líneas magnéticas de fuerza deben quedar en ángulos rectos respecto al defecto que se quiere detectar; por lo tanto en un conductor recto con un campo circular, se puede descubrir cualquier defecto paralelo al conductor.

3.4.1.2 METODOS DE INSPECCION

Existen varios métodos de inspección por partículas magnéticas, se pueden mencionar las siguientes:

- a) Método continuo
- b) Método residual
- c) Método indirecto
- d) Magnetización circular
- e) Magnetización longitudinal.

En general, todos los métodos aplican los mismos principios pero cada uno tiene su aplicación particular en la industria metálica cuando requiere probar la calidad de sus materiales ferromagnéticos, según las características geométricas del mismo. En soldadura, el método que se utiliza con mayor frecuencia es el continuo. La aplicación del material a través del cual las dispersiones en el campo magnético se hacen visibles, es simultánea con la operación de magnetización de la unión soldada.

3.4.1.3 EQUIPO

El equipo que se requiere para esta prueba consiste en:

- 1) Un removedor
- 2) Partículas de hierro teñidas.
- 3) Un electroimán
- 4) Un martillo

Al final, se debe hacer reporte técnico sobre partículas magnéticas.

3.4.1.4 SECUENCIA OPERATIVA

1) Una vez que el trabajo de soldadura ha sido concluido, se procede a remover todo el material ajeno a la unión soldada tal como: escoria, residuos de pintura, etc. (limpieza mecánica).

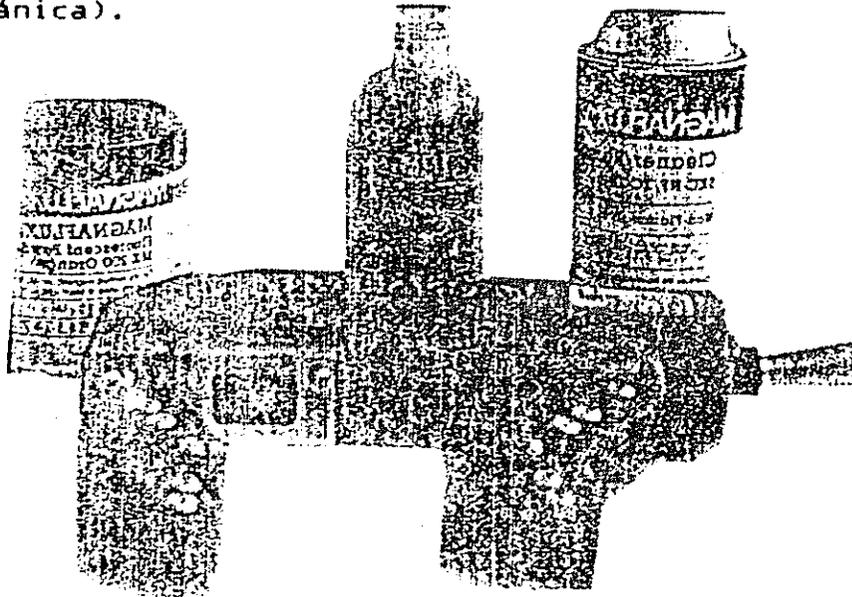


Figura 4

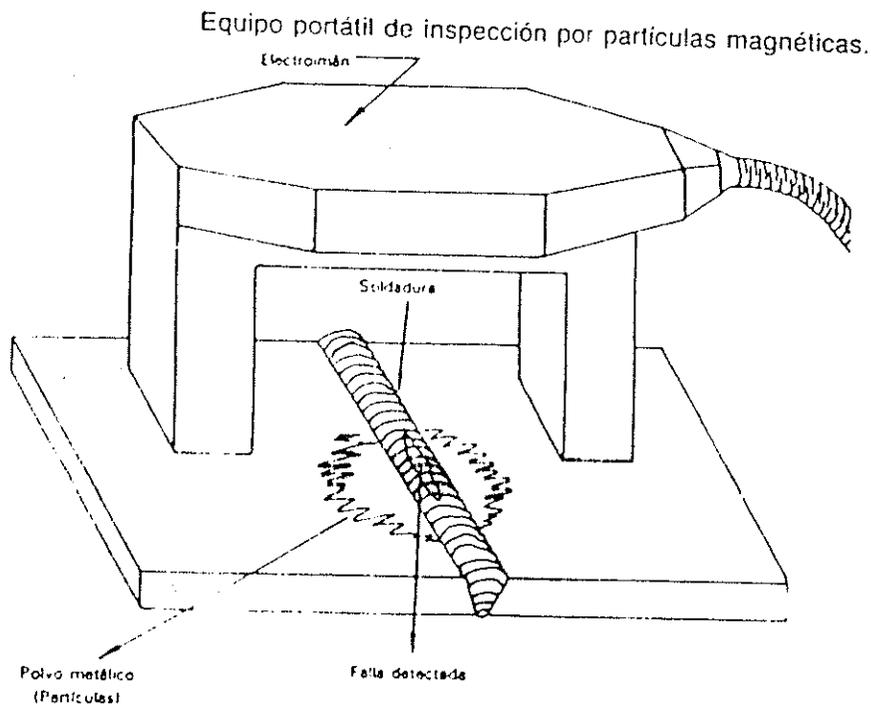


Figura 5

2) Posteriormente se hace la limpieza química consistente en la aplicación del removedor, con lo cual se logrará liberar la pieza de partículas pequeñas que no se puedan eliminar con la limpieza mecánica.

3) Acto seguido, o la aplicación de las partículas de hierro teñido en el área en que se hará la inspección.

4) Aplicación del campo magnético a través del electroimán en la zona de inspección; en el mismo instante, se deberá aplicar una vibración por medio de golpes, cerca de la zona.

5) Tomar nota de las discontinuidades encontradas, y verificar con base en los códigos:

A.S.T.M. E- 109

A.S.T.M E- 138

D.G.N. - 130

6) Retirar el equipo y hacer la limpieza mecánica en la pieza inspeccionada.

7) Desmagnetizar la pieza, calentádola a 800°C

8) Comprobar que la pieza ha quedado desmagnetizada.

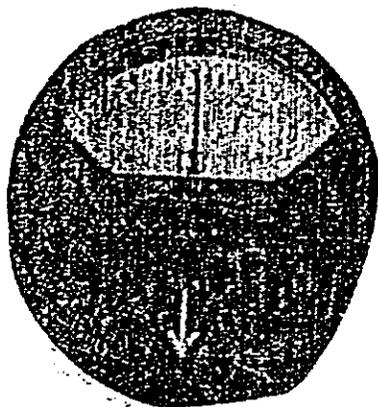
3.4.1.5 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PRUEBA

Ventajas:

- 1) Aplicación rápida
- 2) Disponible en equipo portátil
- 3) No deja residuos
- 4) Fácil interpretación
- 5) El material no requiere preparación especial
- 6) Detecta defectos que no se perciben a simple vista
- 7) Bajo costo en operación

Limitaciones:

- 1) Difícil de utilizar en piezas delgadas
- 2) Sólo se pueden inspeccionar materiales ferromagnéticos
- 3) No hay registro de los resultados
- 4) Requiere un acabado especial en la superficie de la pieza.
- 5) Sólo se aplica en posición horizontal.



Instrumento que indica la presencia de campo magnético.

figura 6

La inspección por líquidos penetrantes es un método de prueba no destructiva, empleado para detectar e indicar discontinuidades cuando afloran a la superficie de los materiales examinados. Las discontinuidades deben estar limpias y expuestas a la superficie. El método emplea un líquido penetrante que se aplica a la superficie que va a ser inspeccionada y entra en la discontinuidad. Mediante un revelador químico, después de remover el exceso del penetrante, se marcan las discontinuidades.

3.5.1 DESCRIPCION TEORICA

Los líquidos penetrantes son componentes orgánicos derivados del petróleo y penetran en la discontinuidades del material que se va a inspeccionar, debido a las siguientes propiedades: capilaridad, adherencia, viscosidad, cohesión y tensión superficial.

3.5.2 CAPILARIDAD

Acción ascendente y descendente de un líquido a través de fisuras muy delgadas. El penetrante presenta una alta capilaridad.

3.5.3. ADHERENCIA

Fuerza de atracción entre moléculas de sustancias diferentes. El revelador ejerce alta adherencia.

3.5.4 VISCOSIDAD

La viscosidad es una propiedad característica de los líquidos y se refiere a la resistencia que presentan al fluir. Debido a las diferencias en la estructura molecular, con las consiguientes variaciones de atracción, cada líquido tiene una viscosidad propia. Las sustancias de baja viscosidad fluyen fácilmente, por ejemplo, el agua, el alcohol, la gasolina, etc. El revelador presenta alta viscosidad.

3.5.5. COHESION

Es la fuerza que mantiene a las moléculas de un cuerpo a distancias cercanas, unas de las otras. El revelador presenta alta cohesión.

3.5.6 TENSION SUPERFICIAL

Es la fuerza que ejerce la superficie de un líquido sobre una membrana superior, debido a la tensión no compensada de las moléculas sub-superficiales.



Líquidos penetrantes

Figura 7

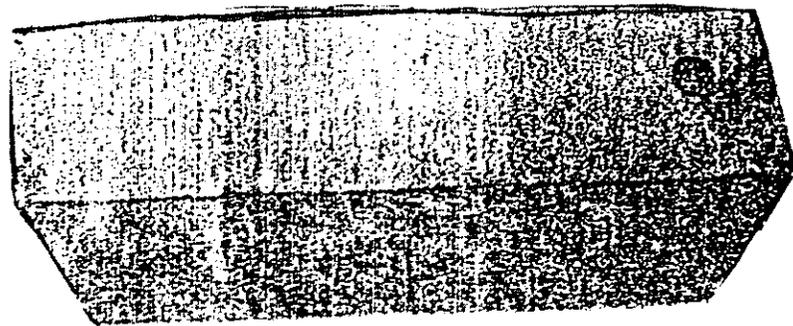


Figura 8



Defectos revelados por líquidos penetrantes.

Figura 9

3.5.7 EMULSION

Preparación física obtenida por la separación de un líquido, en glóbulos microscópicos, en otro líquido con el cual no puede mezclarse.

3.5.8 EQUIPO

- 1) Removedor Dy-Check
- 2) Penetrante Dy-Check
- 3) Revelador Dy-Check
- 4) Cronómetro
- 5) Vernier
- 6) Reporte técnico

3.5.9 DESCRIPCION DEL PROCESO

El líquido penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad. Después de cierto tiempo (en función de la temperatura ambiente y fijado por normas), se remueve el exceso de penetrante y se aplica al revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en la discontinuidad y, sobre la capa de revelador, se delinea el contorno de la falla.

3.5.10 SECUENCIA OPERATIVA

- 1) Limpieza previa. En toda la pieza o componente, deben eliminarse contaminantes de las superficies que van a ser inspeccionadas, tales como óxidos, grasas, aceite, pintura, etc. aplicando el removedor. Esto se hace con el fin de evitar alguna impureza que pudiera obstruir el paso del penetrante al interior de las discontinuidades.
- 2) Aplicación del penetrante. Este se aplica a la superficie por medio de aspersion o de inmersión. El penetrante debe permanecer por espacio de 20 a 30 minutos con el fin de accionar capilarmente la introducción del líquido en las discontinuidades.
- 3) Eliminación del exceso de penetrante. Consiste en remover el penetrante aún no introducido en las discontinuidades, aplicando el removedor y secando con un paño.
- 4) Aplicación del revelador. Generalmente es una dispersión de partículas aplicada por medio de aspersion, formando una capa uniforme. El revelador absorbe el penetrante de la discontinuidad y el contorno de ésta se delinea sobre la capa del revelador.

5) Examen visual e interpretación de resultados. Una vez reveladas las discontinuidades, deben ser interpretadas y evaluadas.

6) Limpieza final. Consiste en eliminar todos los residuos de penetrante y revelador de la pieza examinada, removiendo con un paño los líquidos aplicados.

3.5.11 APLICACIONES

Este método es empleado para detectar grietas en general (por fatiga, de contracción por tratamiento térmico, etc.) costuras, porosidad, y cualquier discontinuidad superficial; principalmente en materiales como aluminio, magnesio y acero inoxidable, donde no se puede aplicar el método de partículas magnéticas.

3.5.12 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PRUEBA

Ventajas:

- 1) Fácil de usar y la interpretación sencilla.
- 2) Se aplica a materiales ferromagnéticos y no ferromagnéticos.
- 3) Detecta imperfecciones muy pequeñas
- 4) Bajo costo
- 5) Una vez aplicada, los defectos son fáciles de apreciar a simple vista.

Limitaciones:

- 1) Sólo detecta defectos superficiales
- 2) El proceso requiere de mucho tiempo.
- 3) No se recomienda para piezas calientes.
- 4) Debe limpiarse la pieza antes y después de la prueba.
- 5) No registra los resultados en forma permanente.

3.6

INSPECCION POR ULTRASONIDO

Este método se emplea para detectar discontinuidades superficiales e internas por medio de vibraciones mecánicas similares a las ondas sonoras, pero de una frecuencia mayor a la del sonido audible para el ser humano.

Las frecuencias que se emplean para este método se encuentran entre 0.25 a 25 Mega Hertz, pero para la inspección de uniones soldadas y materiales metálicos es de 1 a 5 Mega Hertz. Las ondas ultrasónicas son generadas por materiales llamados transductores y éstos tienen la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitados eléctricamente, vibran a altas frecuencias, generando ultrasonidos debido al efecto piezoeléctrico.

3.6.1 DESCRIPCION TEORICA

Todo cuerpo que pueda vibrar y esté en contacto con un medio elástico constituye una fuente de sonido. Las vibraciones del cuerpo deben producir en el medio que lo rodea, ondas que puedan ser registradas por un sensor auditivo, es decir, ondas mecánicas. Existen dos tipos principales de ondas: transversales y ondas longitudinales; las ondas transversales hacen que las partículas vibren perpendicularmente a la dirección de la misma. Una onda longitudinal hace que las partículas de un medio vibren paralelamente a la dirección de la onda.

Partes que componen una onda:

3.6.2 LONGITUD DE ONDA

Es la distancia entre cresta y cresta o entre valle y valle.

3.6.3 NODO

Son los puntos donde la onda cruza la línea de equilibrio.

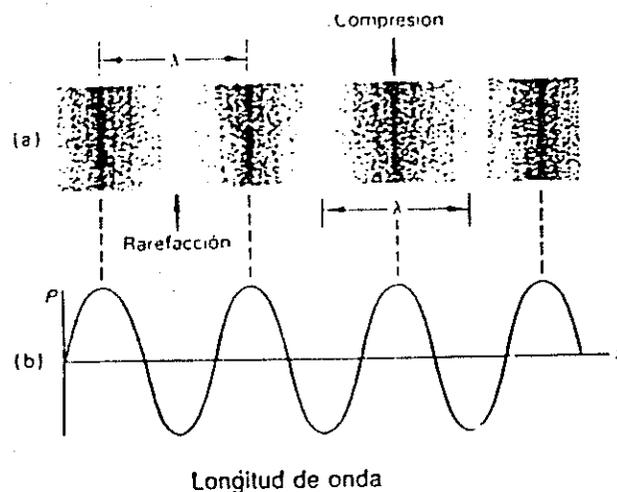


figura 10

3.6.4. ELONGACION

Es la distancia en forma perpendicular de un punto de la onda a la línea o posición de equilibrio.

3.6.5 AMPLITUD DE ONDA

Es la máxima elongación de la onda.

3.6.6 PERIODO Y FRECUENCIA

El período es el tiempo que tarda en producirse una onda. La frecuencia es el número de vibraciones completas realizadas en unidades de tiempo, y es recíproco del período.

3.6.7 TRANSDUCTORES

Los transductores son dispositivos que convierten un tipo de energía a otro; por ejemplo, la energía mecánica en eléctrica y viceversa.

Existen 4 tipos de transductores:

a) TRANSDUCTORES LONGITUDINALES SIMPLES O DE CONTACTO

Estos transductores son aplicados directamente a la superficie del objeto bajo prueba para medir el espesor o detectar discontinuidades.

b) TRANSDUCTORES LONGITUDINALES DE ELEMENTO DOBLE

Estos transductores se aplican principalmente para pequeños defectos.

c) TRANSDUCTORES DE INMERSION

Para formas geométricas irregulares, sumergiéndolos en un líquido.

d) TRANSDUCTORES DE HAZ ANGULAR O TRANSVERSAL

Estos son transductores de contacto esencialmente modificados, diseñados para dirigir el haz de ultrasonido fuera de la incidencia normal a su superficie, de entrada de la pieza que se está inspeccionando.

3.6.8 FRECUENCIA: con la elección de una mayor frecuencia, se obtiene mayor posibilidad para identificación en defectos de tamaño pequeño, mayor longitud en un campo cercano, mayor poder resolutivo, menor profundidad de penetración y mínima divergencia.

Con las consideraciones anteriores, se podrá elegir la opción correcta para el transductor según las características que deseamos obtener de ellos.

3.6 9 ACOPLAMIENTO

La transmisión de las oscilaciones al objeto a verificar, es decir, el acoplamiento correcto del transductor y la pieza que va a inspeccionar, sólo es posible si no existe aire entre el transductor y la pieza. El aire se elimina aplicando aceite en la superficie que se va a verificar. Durante la inspección, los haces ultrasónicos se dirigen al interior de las piezas. Los haces viajan a través de éstas y son reflejados al ser interceptados por una discontinuidad o por un cambio en el material.

Los ecos o reflexiones del ultrasonido son recibidos por el transductor y su señal es llevada al osciloscopio de rayos catódicos en donde la trayectoria de los haces es indicada por las señales de la pantalla.

3.6.10 METODOS DE INSPECCION

Los métodos empleados en las inspecciones por ultrasonido son: impulso-eco, transmisión, resonancia.

3.6.10.1 IMPULSO-ECO

En esta técnica, un transductor transmite un pulso de sonido de alta frecuencia dentro del material, y en la superficie opuesta u otras superficies de la pieza, el sonido reflejado se recibe en discontinuidad. El sonido reflejado se recibe como un eco y junto con la pulsación original se muestra en la pantalla de un tubo de rayos catódicos.

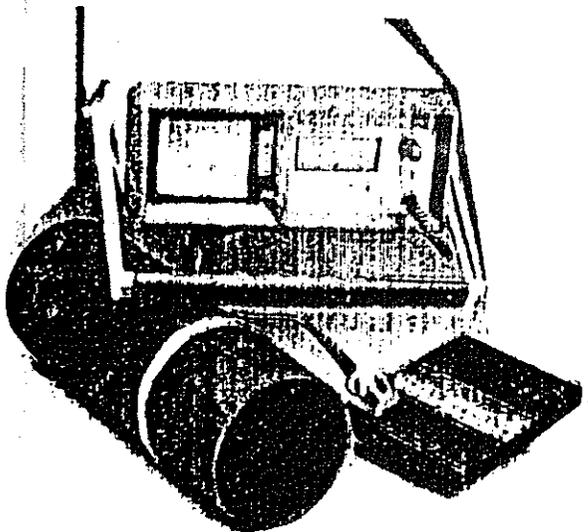
3.6.10.2 TRANSMISION

Una vez introducida la onda longitudinal en la pieza que se va a inspeccionar, es imprescindible medir la presión sonora en cualquier otro punto para verificar el estado de la pieza que se va a inspeccionar.

Como receptor de la presión del sonido, sirve un palpador de construcción idéntica a la del emisor. En este transductor, se produce el fenómeno llamado piezoefecto.

3.6.11 EQUIPO

- 1) Instrumento ultrasónico
- 2) Cable coaxial y palpador
- 3) Bloque de calibración
- 4) Acoplante
- 5) Reporte técnico



Ultrasonido.

Figura 11



Bloque de calibración.

Figura 12

3.6.12 DETERMINACION DE LA UBICACION DE LOS DEFECTOS

Una vez ajustado el equipo ultrasónico (en unión con un determinado transductor) dentro de un determinado campo, se puede observar directamente en la pantalla la escala del trayecto recorrido por los impulsos ultrasónicos del rayo central, desde el transductor a un reflector. Si se procura tocar el reflector con el rayo central, lo que se consigue al buscar la altura máxima del eco; el valor observado corresponde a la distancia entre el punto de salida del transductor y el reflector.

La distancia real es la que existe sobre la superficie entre el punto de salida y el reflector.

Esta distancia de la profundidad P del defecto puede obtenerse mediante la siguiente ecuación, la cual se desarrolla en función del recorrido del sonido R y el ángulo de entrada :

$$p = R * \cos \alpha$$

Los valores de R y α se obtienen de las tablas elaboradas para cada ángulo.

3.6.13 SECUENCIA OPERATIVA

- 1) Limpieza de la zona que se va a inspeccionar
- 2) Trazo en cuadros de 9 por 9 pulgadas
- 3) Aplicación del acoplante en el centro de cada cuadro
- 4) Posición del transductor en cada centro de los cuadros
- 5) Registro de las zonas y de la dimensión de los defectos encontrados.

3.6.14 APLICACIONES

El método de prueba no destructiva por ultrasonido se utiliza para la detección de defectos internos, principalmente como fracturas, falta de fusión, traslapes, fisuras, porosidades, huecos, inclusiones de sólidos, deslaminación, falta de adherencia, textura y medición de espesores.

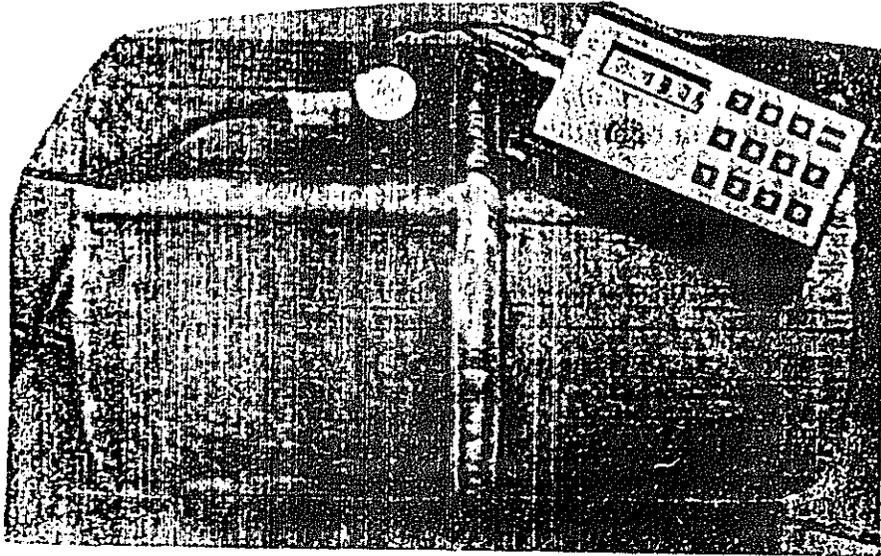
3.6 15 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PRUEBA

Ventajas:

- 1) Proporciona un registro permanente
- 2) Detecta y define defectos internos y externos
- 3) Disponibilidad de equipo portátil
- 4) Es extremadamente sensible
- 5) Agiliza la detección de la falla
- 6) Es o aporta alta penetración.

Limitaciones:

- 1) Requiere personal altamente capacitado
- 2) Requiere preparacion para su capacitación
- 3) Es alto el costo del equipo
- 4) Requiere constantemente calibración del equipo.



ECOMETRO: aparato que utiliza los principios del ultrasonido para medir espesores. Para algunas inspecciones resulta ser más práctico por sus dimensiones y facilidad de uso, aunque los defectos internos que pudiera presentarse se deberán interpretar con base en una estadística.

Figura 13

3.7 INSPECCION POR RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

En la actualidad, los grandes componentes soldados requieren de completa confiabilidad, es decir, no han de tener defectos; esto se logra con el proceso adecuado y con la supervisión constante. Existen, sin embargo, componentes que representan alto riesgo por ser tanques de almacenamiento a grandes presiones, estructuras metálicas de edificios y tuberías entre otros, necesariamente con uniones soldadas. Para estos componentes, se requiere de un método de inspección cien por ciento confiable para asegurar, a la vez, en el elemento sujeto a la inspección, el cien por ciento de confiabilidad.

Cabe hacer la pregunta: ¿Los otros métodos de inspección no son confiables? Podemos asegurar que sí lo son en un alto porcentaje, pero siempre existe una pequeña duda al respecto de ellos, y esta duda en algunas ocasiones puede ser de graves consecuencias. Por ello es que la radiografía industrial hace su

aparición dentro de los ensayos no destructivos, y es actualmente uno de los más confiables para la inspección de productos terminados.

3.7.1 DESCRIPCION TEORICA

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda varía entre 10 elevado a la 6 y 10 elevada a la 9 cm. Estos son generados en un tubo de rayos X al chocar los electrones de alta velocidad en un ánodo, se convierten en energía cinética de radiaciones electromagnéticas de intensidad variable.

Los rayos X son invisibles, viajan en línea recta y a la velocidad de la luz, pueden atravesar la materia hasta cierto límite, liberan electrones de la materia con la cual chocan y pueden destruir células vivas. Existen dos tipos de rayos X; los blandos y los duros. Los blandos son aquellos cuya longitud de onda es relativamente grande y son producidos por bajas tensiones (menos de 150 kv). Los duros son generados por a altas tensiones y su longitud de onda es relativamente corta. La calidad de los rayos X se define por su poder de penetración, y en la práctica, por la tensiones aplicadas al tubo de rayos X, los rayos duros presentan mayor poder de penetración.

El tubo de rayos X está formado por un tubo de vidrio al vacío, en el cual existe un electrodo positivo o ánodo y un electrodo negativo o cátodo, formado por un filamento, el cual se calienta por medio de una corriente de algunos amperios, y emite electrones que por efecto de la alta tensión son atraídos hacia el ánodo, y se detiene bruscamente en el punto focal o anticátodo; éste normalmente es de tungsteno, y se generan así los rayos X.

3.7.2. CARACTERISTICAS DE LOS RAYOS X

Existen tres características importantes de los rayos X, que se deben tener presentes para su manejo.

- 1) La corriente del filamento controla la temperatura del mismo y la cantidad de electrones emitidos.
- 2) El voltaje en el tubo controla la energía cinética de los electrones y, por lo tanto, la energía o poder de penetración del haz de rayos X.
- 3) La corriente del tubo está directamente relacionada con la temperatura del filamento y es, generalmente, referida como el miliampermetro del mismo.

3.7.3 REQUISICIONES ANTES DEL PROCESO

El examen radiográfico se realizará de acuerdo con un procedimiento establecido por escrito y aprobado con anterioridad a la realización del examen. El procedimiento radiográfico requiere, como mínimo, de la siguiente información:

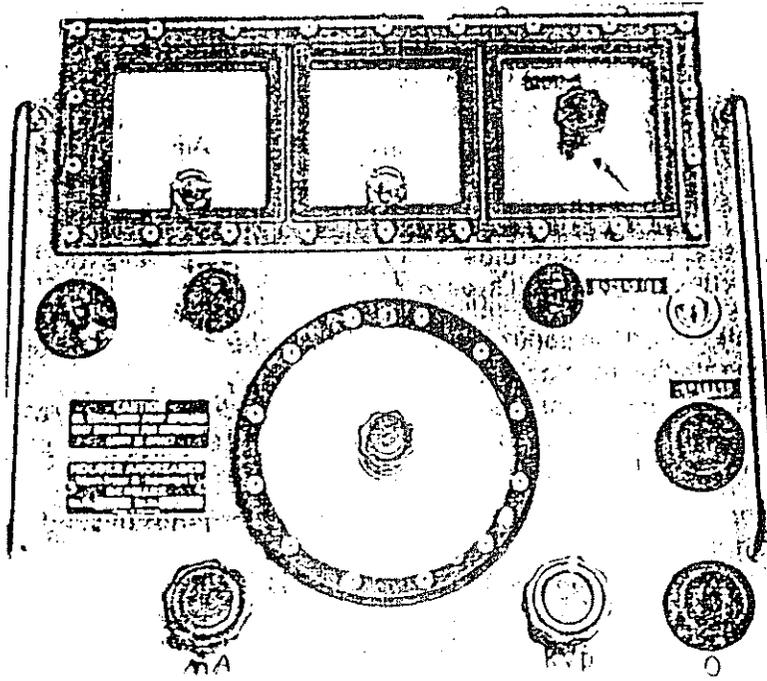
- a) Tipo de material
- b) Espesor
- c) Fuente de radiación o tensión máxima de trabajo
- d) Distancia mínima foco-película
- e) Tamaño máximo de la fuente o foco emisor de la radiación
- f) Marca clave y tipo de película
- g) Indicación sobre si la exposición se hará con película sencilla o múltiple y, en su caso si la lectura de la radiografía se hará sobre una sola película o sobre el conjunto.
- h) Tipo y espesor de la pantalla
- i) Cuando se trate de uniones soldadas, referencia al procedimiento empleado.

3.7.4 EQUIPO

1. Los equipos de rayos X están constituidos por dos partes:
 - a) Consola de controles
 - b) El generador de rayos X

La consola de los controles es la sección que se conecta a la línea de alimentación (es decir, a 110 ó 220 voltios), y es donde se encuentran los sectores y medidores de intensidad de corriente y voltaje, además de los interruptores de operación del equipo.

El generador de rayos X es también el contenedor del tubo de rayos X y se conecta a la consola de los controles por medio de un cable conductor de alta tensión. El generador cuenta con una lámpara de color rojo, que al estar encendida indicará que se está emitiendo la radiación. Debe contar con un sistema de refrigeración para evitar sobrecalentamientos en el equipo.



Controles para la generación de rayos X.

Figura 14

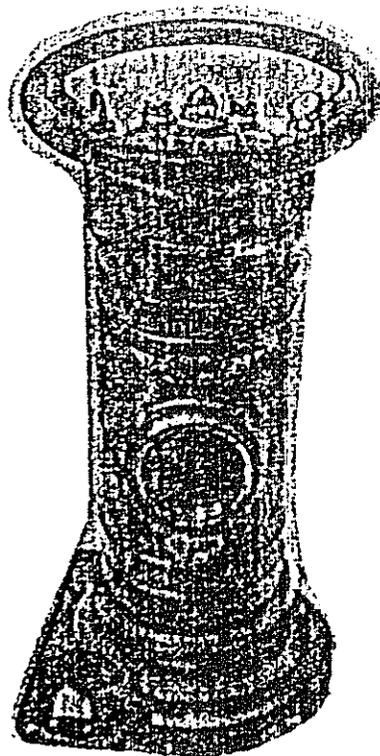


Figura 15

Fuente emisora de rayos X.

3.7.5 PELICULA RADIOGRAFICA

La película radiográfica es prácticamente igual a una película utilizada en fotografía. Las dos presentan como componentes fundamentales una capa sensible o "emulsión" (que es una suspensión de haluros de plata en una solución gelatinosa); un sustrato que está presente en forma de una capa muy delgada y dos hojas de soporte que están compuestas de acetato de celulosa.

Las películas radiográficas industriales se clasifican, de acuerdo con la ASTM E 94-68, en cuatro grandes grupos, en función de su rapidez, contraste y tamaño de grano. (Tabla 5)

TABLA No. 5

TIPO DE PELÍCULA	CARACTERÍSTICAS		
	RAPIDEZ	CONTRASTE	TAMAÑO DE GRANO
1	LENTA	MUY ALTO	MUY PEQUEÑO
2	MEDIA	ALTO	PEQUEÑO
3	ALTA	MEDIO	GRANDE
4	MUY ALTA	MUY ALTO	VARÍA*

3.7.6 PENETRAMETRO

El penetrámetro es un dispositivo, cuya imagen en la radiografía se utiliza para juzgar el tamaño o establecer los límites de aceptación de las discontinuidades.

Es práctica común en la radiografía emplear un calibrador de espesor o penetrámetro para coadyuvar a la determinación de la magnitud del más pequeño defecto detectable.

3.7.7 SECUENCIA OPERATIVA

Para poder poner a funcionar el equipo y realizar un ensayo con el mismo, se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Verificar en el equipo de seguridad (alarmas y dosímetro) el funcionamiento y buenas condiciones.
- 2) Conectar la consola de controles al generador de rayos X y a la línea de alimentación adecuada.
- 3) Quitar la tapa a la consola de controles.
- 4) Encender la consola
- 5) Seleccionar el tiempo de exposición
- 6) Preparar películas con sus respectivos portapelículas.
- 7) Colocar la pieza a ser inspeccionada con la película, a

- la distancia conveniente.
- 8) Colocar los interruptores para intensidad de corriente y de potencial al mínimo, antes de encender el generador.
 - 9) Encender el generador e inmediatamente seleccionar los valores para las variables.
 - 10) Después de transcurrido el tiempo fijado el generador, se apagará automáticamente.
 - 11) De ser necesario, el generador se puede apagar automáticamente con el interruptor rojo.

.3.7.8 TECNICAS RADIOGRAFICAS

Las radiografías de las uniones soldadas se obtendrán por el tipo y método de transmisión, situando la unión o la pieza entre la película y la fuente de radiación. Las técnicas radiográficas se pueden considerar como:

- 1) Técnicas de una sola pared, con la interpretación de la imagen en una sola pared, pero con técnica de exposición en pared sencilla o pared doble.
- 2) Técnica de doble pared. Con interpretación de la imagen en las dos paredes atravesadas por la radiación.

3.7.9 SEGURIDAD RADIOLOGICA

El uso de radiaciones X o gamma implica riesgos para la salud, por lo cual, necesariamente, deben conocerse antes de usarse este tipo de inspección.

Los rayos X ofrecen la ventaja de poder controlar la emisión de rayos durante el suministro de energía al equipo emisor, o bien suspenderla.

En la operación de inspección con rayos gamma (proveniente de un radioisótopo), sólo puede controlarse mediante blindajes y distancias adecuadas. Una cápsula radioactiva emite radiaciones intermitentes en todas direcciones, por lo tanto, al exponer una película deberemos guardar cierta distancia a fin de evitar en lo posible cualquier contacto con la radiación. Terminada la exposición, el material radioactivo deberá guardarse en contenedores especiales.

El manejo, almacenaje, transporte y uso de material radioactivo, en nuestro medio requiere del conocimiento de las medidas para su reglamentación, por la OIT, en el manejo de radiaciones ionizantes.

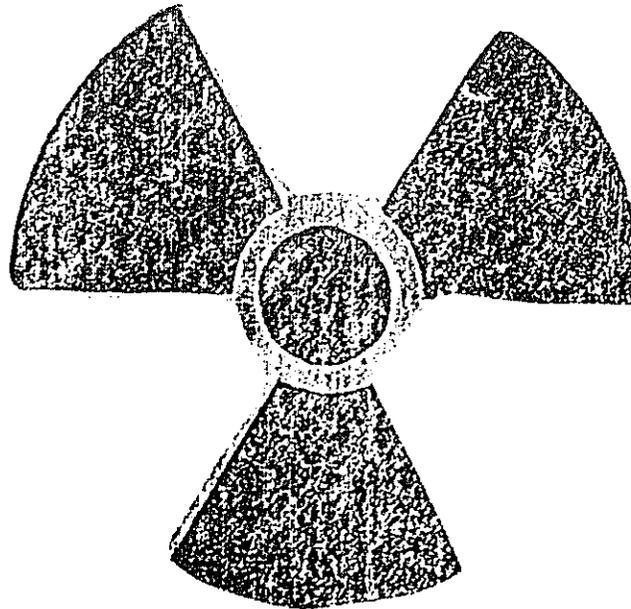
3.7.10 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PRUEBA

Ventajas:

- 1) Deja registro permanente de prueba
- 2) Baja el costo de su operación
- 3) Aplicable a defectos superficiales e internos
- 4) Aplicable en cualquier material

Limitaciones:

- 1) Debe aplicarse en tal forma que se muestre el espacio en donde se encuentra la falla.
- 2) Requiere ciertas medidas de seguridad
- 3) El proceso de revelado es lento.

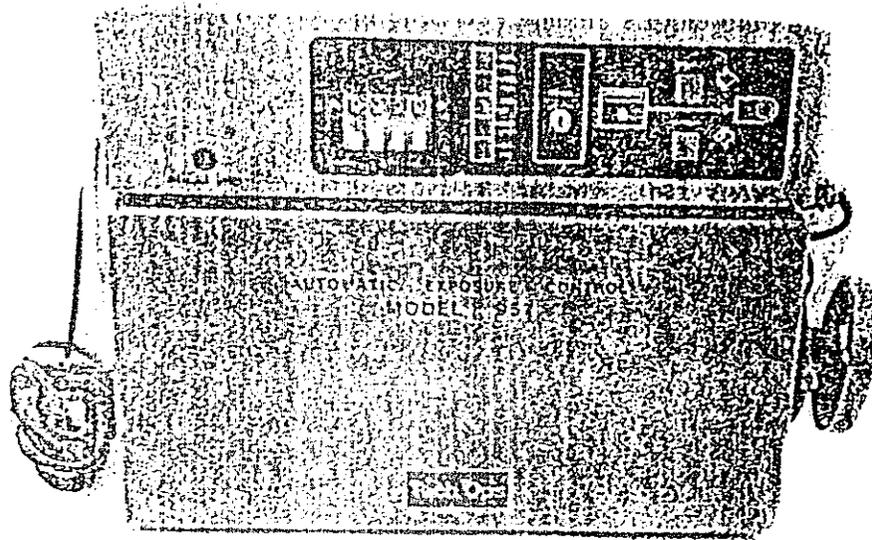


SÍMBOLO DE PRUEBAS Y EQUIPO QUE EMITEN RADIACIONES.

Figura 16

Figura 17

EQUIPO PARA RADIOGRAFIA CON RAYOS GAMMA



Panel de controles.

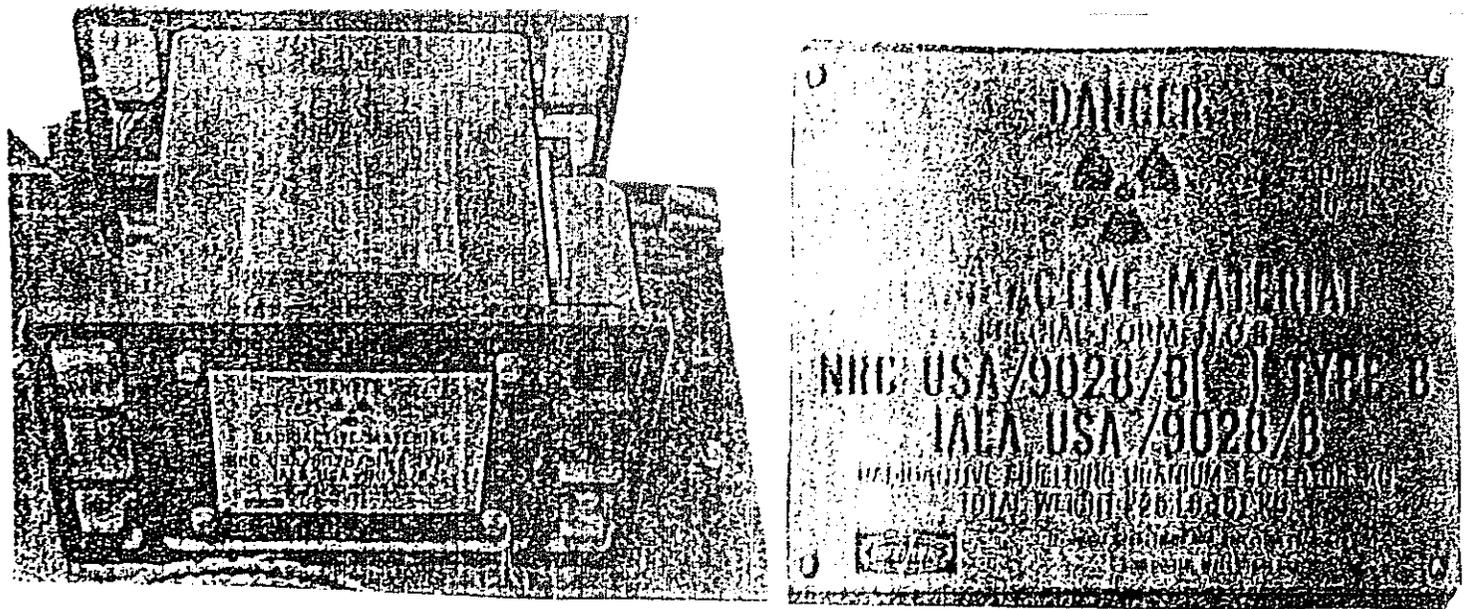
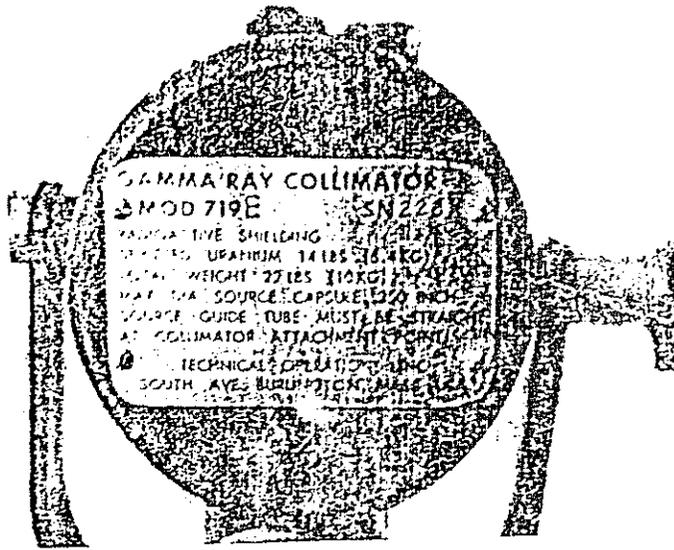


Figura 18



Culminador de rayos gamma.

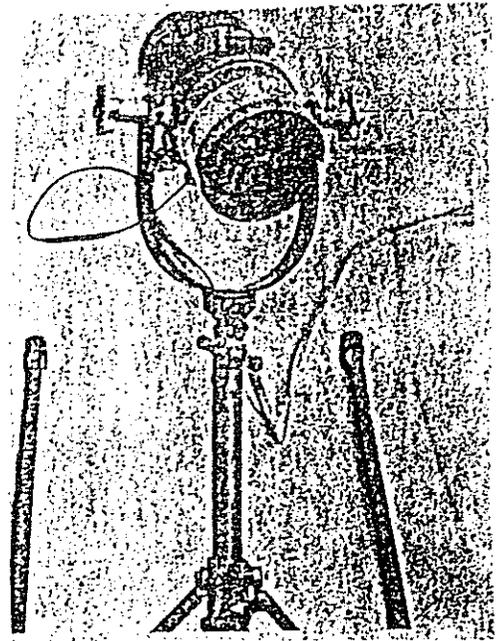


Figura 19

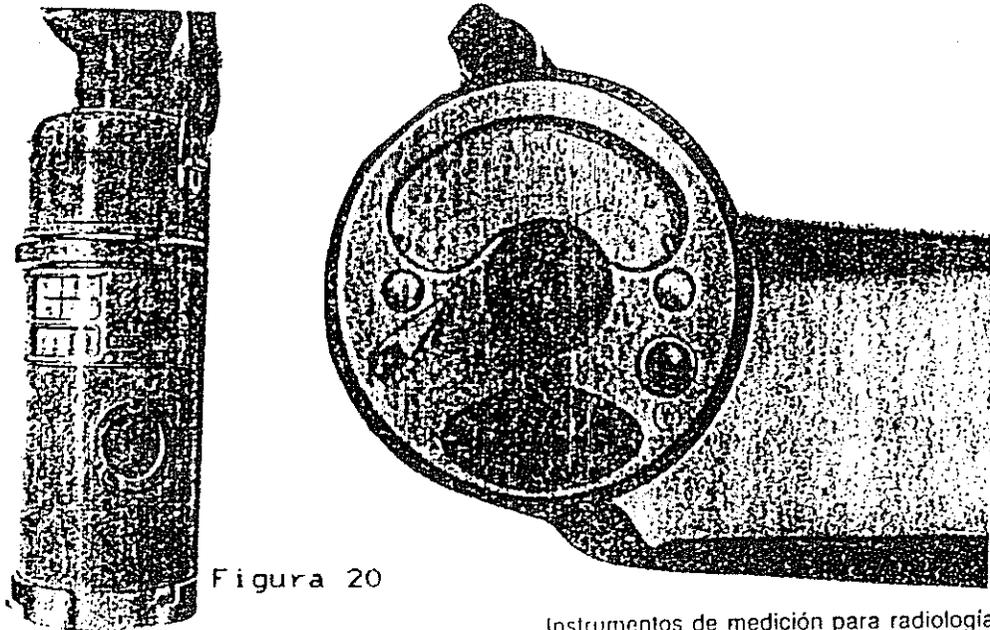


Figura 20

Instrumentos de medición para radiología.

3.8 SIMBOLOGIA DE LAS PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

3.8.1 ELEMENTOS DE LOS SIMBOLOS PARA PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Los símbolos para las pruebas no destructivas son normalizados por la A.W.S. y consisten de los siguientes elementos:

- 1) Línea de referencia (dibujada horizontalmente)
- 2) Flecha
- 3) Letras que designan la prueba no destructiva
- 4) Dimensiones, áreas y número de prueba
- 5) Símbolos suplementarios
- 6) Cola
- 7) Especificaciones, códigos u otras referencias

Sólo aquellos elementos requeridos para especificar la prueba necesitan ser incluidos en un símbolo de examen no destructivo.

3.8.2. LETRAS QUE DESIGNAN A LA PRUEBA

Los métodos de las pruebas no destructivas deben ser especificados por las letras que se muestran a continuación:

PRUEBA	LETRA DESIGNADA
Emisión acústica	AET
Electromagnética	ET
Goteo	LT
Partículas magnéticas	MT
Radiografía de neutrones	NRT
Líquidos penetrantes	PT
Prueba	PRT
Radiográfica	RT
Ultrasónica	UT
Visual	VT

3.8.3. SIMBOLOS SUPLEMENTARIOS

Existen tres símbolos suplementarios, para pruebas no destructivas que han sido adoptados por la A.W.S. Son los siguientes:

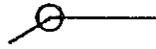
PRUEBA EN TODO ALREDEDOR	PRUEBA EN CAMPO	DIRECCIÓN DE LA RADIACIÓN
		

Figura 22

3.8.4. LOCALIZACIÓN ESTANDAR DE LOS ELEMENTOS DEL SIMBOLO DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Los elementos del símbolo de las pruebas no destructivas deberán tener una localización estándar respecto a unos de los otros, como se muestra en la siguiente figura:

LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS

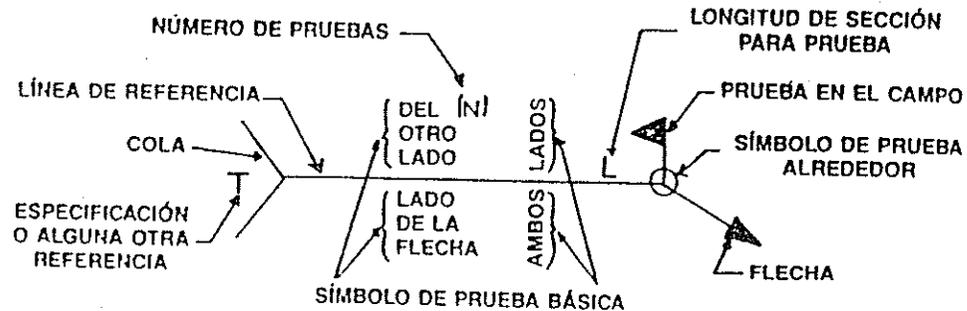


Figura 23

3.8.5 ESTIPULACIONES GENERALES

Para la simbología de pruebas no destructivas, existen algunas estipulaciones generales que se muestran a continuación.

3.8.6. SIGNIFICADO DE LA LOCALIZACIÓN DE LA FLECHA

La flecha que deberá ser contenida por la línea de referencia será dirigida a la parte que se va a examinar. El lado de la parte al cual apunta la flecha, deberá ser considerado en la flecha del mismo lado. La parte opuesta del lado de la flecha será considerada como la parte opuesta a la que apunta la flecha.

3.8.7. LOCALIZACIÓN DE LETRAS QUE DESIGNAN A LA PRUEBA

Existen cuatro localizaciones para las letras que designan a la prueba; éstas son:

- Localización del lado de la flecha
- Localización en el lado opuesto de la flecha
- Localización en ambos lados
- Localización en el centro de la línea

Veamos con detalles estas cuatro localizaciones

a) Localización del lado de la flecha. Las pruebas que serán elaboradas, en la parte especificada por la flecha, se indicarán colocando las letras que designan la prueba debajo de la línea de referencia.



Figura 24

b) Localización en el lado opuesto de la flecha. Las pruebas requeridas en el lado opuesto del especificado por la flecha, deberán ser especificadas sobre la línea de referencia.



Figura 25

c) Localización en ambos lados. Las pruebas que requieran ser efectuadas por ambos lados de la pieza, deberán ser especificadas en la parte superior o inferior de la línea de referencia.



Figura 26

d) Localización en el centro de la línea. Cuando sea indistinto especificar el lado de ejecución de la prueba, las letras serán colocadas en el centro de la línea de referencia.



Figura 27

3.8.8. PRUEBAS COMBINADAS

Cuando se requiera probar con más de un método, se deberá especificar en una sola flecha. la cual contendrá toda la información requerida por las distintas pruebas que van a efectuarse.



Figura 28

3.8.9. SIMBOLOS DE SOLDADURA Y SIMBOLOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Los símbolos de las pruebas no destructivas podrán ser combinados con los símbolos de soldadura; aquí se muestran algunas de esas combinaciones:

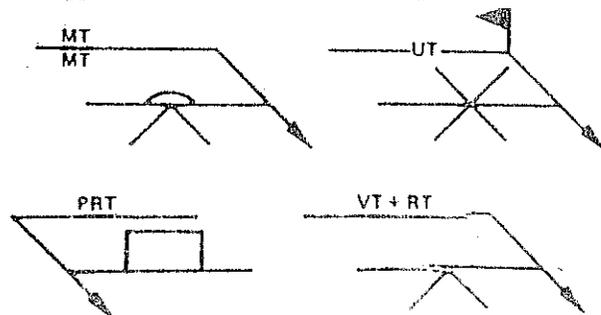


Figura 29

3.8.10 UNIDADES METRICAS

Cuando se requiera especificar dimensiones con símbolos de pruebas no destructivas, deberá usarse el mismo sistema de unidades utilizado en el dibujo. No pueden ser usadas unidades dobles en símbolos de pruebas no destructivas.

3.8.11 SIMBOLOS SUPLEMENTARIOS

3.8.12. PRUEBA TODO ALREDEDOR

Cuando la prueba no destructiva requiera ser realizada para la totalidad de la soldadura, será especificada con un círculo en la intersección de la línea de referencia y la flecha.



Figura 30

3.8.13 PRUEBA EN CAMPO

Si la prueba no destructiva es requerida en el campo, es decir que no se aplique en un taller o laboratorio, se deberá indicar con el símbolo correspondiente en la intersección de la flecha y la línea de referencia.



Figura 31

3.8.14 DIRECCION DE LA RADIACION

En la prueba de rayos X o rayos gamma, es conveniente aplicar el haz de rayos con cierto ángulo, el cual deberá ser especificado en el símbolo.

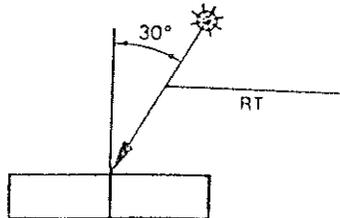


Figura 32

3.8.15 ESPECIFICACIONES, CODIGOS Y REFERENCIAS

La información que se requiera escribir, para la correcta aplicación de la prueba, se anotará en la parte trasera del símbolo del examen.

3.8.16 LOCALIZACION, ORIENTACION Y EXTENSION DE LA PRUEBA NO DESTRUCTIVA

3.8.16.1 LONGITUD

Cuando sólo se requiera inspeccionar una longitud determinada, ésta será especificada con la cantidad requerida escribirla después de las letras de designación.



Figura 33

3.8.16.2 ESPECIFICACION PARA LA LOCALIZACION DE LA LONGITUD

En el dibujo, se deberá escribir la posición exacta de la siguiente forma:

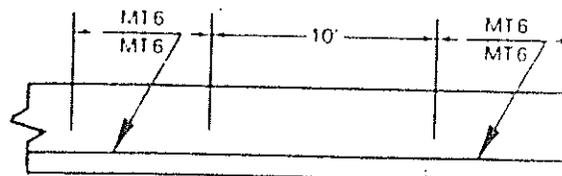


Figura 34

3.8.16.3 PRUEBA A TODO LO LARGO DE LA SOLDADURA

Cuando se requiera probar toda la soldadura, no será necesario especificar la longitud.

3.8.16.4 INSPECCION PARCIAL

Cuando se requiera inspeccionar menos del cien por ciento de la soldadura, o de la parte será especificado el porcentaje al lado derecho de las letras de designación.



Figura 35

3.8.16.5 CANTIDAD DE INSPECCIONES

Cuando una unión soldada requiere de una misma prueba, pero varias veces, se puede especificar en el símbolo, colocándolo en la parte superior o inferior de las letras que designan a la prueba.



Figura 36

3.9 METODOS DESTRUCTIVOS

En el caso de la construcción de estructuras de acero de gran responsabilidad, se colocarán juegos de placa-testigo en la prolongación de algunas de las uniones a tope. De cada uno de dichos juegos de placa-testigo que tendrán una longitud mínima de 100 mm se obtendrán dos probetas que se destinarán así:

- a) Una al examen de textura del metal depositado. En la probeta, se realizará una entalla longitudinal en el anverso y en el eje central de la soldadura. Sometida esta probeta a un ensayo de plegado, romperá por la soldadura y podrá llevarse a cabo un examen de textura de la sección de fractura, en la que se comprobará la clase de la misma, la limpieza del metal depositado o, por el contrario, las oclusiones de

escoria, falta de penetración, oclusiones gaseosas, etc.

- b) Con la otra probeta, se efectuará un ensayo de doblado de forma que la raíz de la soldadura quede fraccionada. Si aparecen fisuras con un ángulo de plegado menor de 50° la soldadura se considera no apta. Para considerar la soldadura con una calidad perfecta, el ángulo de doblado deberá ser de 180° , es decir, con los dos lados paralelos y sin aparición de fisuras.

3.9 1 DEFECTOS EN SOLDADURA

Los defectos en soldadura son comunes en cualquier material que se suelde, en acero inoxidable al soldar tubería, los defectos se consideran altamente peligrosos exista o no alta presión en las tuberías.

3.9.1.1 SOPLO MAGNETICO

Es una desviación del arco eléctrico que se forma entre el electrodo de tungsteno y la pieza a soldar. Se debe principalmente a las fuerzas magnéticas que actúan entre los cables de conexión; las piezas que se van a soldar u otros agentes conductores de la electricidad que se encuentren en el área de soldadura.

Se conoce porque al estar soldando se observa que el arco eléctrico "baila" de un lado para otro y cuesta mantener el charco de fusión en la dirección que se quiere. Cuando esto sucede, la primera medida que se debe tomar es afilar de nuevo el electrodo; seguidamente, cambiar de posición la masa que sirve de tierra y acercarla lo más posible al lugar donde se está soldando y colocar entre la pieza y la masa de tierra una plancha de cobre. También una presión muy alta del gas inerte que está usando puede ser motivo de una desviación del arco; el electrodo es de un diámetro muy grande o muy baja intensidad (amperaje) de trabajo.

3.9.1.2 POROSIDADES

La porosidad en una soldadura si es causada por falta de limpieza en la pieza o contaminación del electrodo es fácil visualmente detectarla. Si por el contrario por la poca presión de gas penetra oxígeno, nitrógeno u otros elementos dañinos se forma una oclusión gaseosa interna; esto únicamente se puede detectar utilizando rayos X.

La porosidad u oclusión gaseosa es uno de los defectos más graves al soldar tubería de alta presión, por eso se recomienda al terminar un montaje de tubería, hacer la prueba de Rayos X, que es la única forma de detectar ese defecto.

3.9.1.3 FALTA DE PENETRACION

La falta de penetración se observa del lado posterior a la

7

soldadura efectuada. El problema se presenta cuando visualmente no se puede detectar por la longitud o el diámetro de la tubería. En ese momento, al igual que el defecto anterior, únicamente los Rayos X pueden determinar la causa, y esto puede deberse al utilizar una presión de gas protector del cordón de penetración más alta que la usada en el de la protección del cordón principal. Otra causa es falta de intensidad (amperaje) para el electrodo que se va a utilizar o falta de preparación en las piezas que se van a soldar (poca separación, falta de vicel, etc).

3.9.1 .4 SOCAVACIONES

Cuando se utiliza un amperaje más alto que el recomendado, cuando el ángulo de la antorcha respecto a la pieza a que se va a soldar no es adecuado o al utilizar un movimiento del electrodo no es adecuado; el resultado serán socavaciones en el cordón efectuado. Este defecto es fácil de detectarlo visualmente; por eso, es conveniente observar el primer tramo soldado para corregirlo si se encuentra una falla visual.

3.9.1.5 CONTAMINACION DE LA SOLDADURA

Se puede detectar únicamente con Rayos X. El defecto se presenta cuando utilizamos una piedra de esmeril no adecuada para afilar tungsteno y donde previamente se ha utilizado para otros metales, los cuales se adhieren al electrodo. Al encender el arco se funden con el metal de base. Para evitarlo, es conveniente siempre al afilar el electrodo cebarlo (encender el arco y observar que el pre-flujo esté conectado) en una pieza de cobre para descontaminarlo. Este defecto también puede darse al utilizar el material de aporte con las características diferentes al metal base; por esa razón, es conveniente como primer paso indentificar la aleación del metal al soldar y utilizar como metal de aporte el adecuado.

3.10 POSICIONES DE TRABAJO

Hay tres posiciones principales en la soldadura: horizontal vertical y bajo techo. En cada una de estas tres posiciones, hay otras que aunque tengan nombre distinto pertenecen a ellas. En la horizontal, tenemos la soldadura plana, en la vertical la soldadura horizontal-vertical, y en la bajo techo la de bisel y en ángulo.

Las soldaduras planas y horizontales son las más baratas; yendo después en orden de costo, las verticales y luego las de bajo techo. Por este motivo, los constructores deberán proyectar de manera que la mayor parte de las soldaduras, se puedan hacer en posición plana y horizontal.

3.11 LIMPIEZA QUIMICA

Después de la soldadura se pueden utilizar productos químicos para ayudar a limpiar el cordón. La pasta a utilizar se deja secar encima del cordón para que haga su efecto, después se limpia y se frota con un cepillo con cerdas de bronce para que no dañen el acero inoxidable.

3.12 SOLDADURA AUTOMATICA

Para fabricación o montaje de piezas en serie se utilizan máquinas para soldar automáticas. Estan constituidas con un sistema de componentes, formados por cabezales de soldadura, tableros de mando, reguladores, carros, minitractores, etc. El sistema ofrece grandes posibilidades de componer instalaciones de soldar especiales.

La soldadura automática se caracteriza por un tiempo de ajuste mínimo y elevadas velocidades de soldar, ofreciendo no sólo ventajas técnicas sino económicas. El montaje de este equipo depende de la utilización que se le va a dar, puede ser una instalación estacionaria, para carro en viga o para montaje sobre minitractores. Gracias a la versatilidad de este sistema se pueden adaptar para muchas tareas por ejemplo para la soldadura de tubos en industrias de alimentos, plantas nucleares, industria petroquímica, en obras de montaje, etc. con esto se consigue una calidad de soldadura lo más alta posible especialmente en el cordón de raíz. Los componentes principales de las máquinas son:

- Equipo de mando
- Herramienta para soldaduras tubulares
- Fuente de corriente
- Dispositivo alimentador de alambre

El equipo de mando está dividido en una unidad principal con alimentación de corriente, equipo de regulación, etc. y una caja de mandos pequeña con mando a distancia para las diferentes funciones de la automática.

La herramienta para soldar circular con sus cabezales están destinadas para la soldadura de unión y diferentes diámetros de tubos, estas herramientas trabajan con el principio de alicate lo que posibilita ajuste rápidos. El motor va montado sobre la herramienta de soldar y cumple la función deseada. El dispositivo alimentador de alambre constituye generalmente una unidad separada. La dirección de avance del alambre y su velocidad, se ajustan en la caja de mandos del equipo.

CAPITULO IV

EXPERIENCIA EN INSTALACION Y PREPARACION DE ACCESORIOS

4.1 PREPARACION DE PLANOS DE SOLDADURA

Para la preparación de un plano de soldadura, entran muchos aspectos en juego, por ejemplo, las tensiones reales en una unión soldada son casi imposibles de calcular. Generalmente se adoptan las tensiones ya normalizadas para distintos tipos de soldaduras sin entrar en más detalles, porque las obras ya realizadas atestiguan claramente la seguridad de las mismas.

Las tensiones admisibles en los cordones de soldadura fueron establecidas por las normas DIN, de acuerdo con las influencias desfavorables de las tensiones térmicas que se producen en la soldadura. Para el cálculo y preparación de los planos, se debe consultar la norma DIN 4.100; allí se puede observar que se unificaron las tensiones admisibles para los cordones laterales y frontales, aunque el modo de trabajar cada uno de ellos es diferente. Esto lo hicieron con el fin de simplificar el cálculo.

La fórmula para el cálculo del espesor de la pared de la tubería para efectos de preparar los planos es la siguiente:

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot T_{adm} \cdot z} + 0,1$$

Normalmente "e" no será nunca menor de (D-50): 250.

e = espesor de la chapa en cm. P = presión en Kg/cm². D = diámetro interior en cm. Z = relación de resistencia del cordón y la chapa igual a 0,75. 0,1 = suplemento para ataque de oxidación, tolerancias, etc. T_{adm} = resistencia admisible de la chapa en Kg/cm². según normas de la tabla siguiente:

Temperatura en °C	-220	260	300	343	371	399	427	454
T _{adm}	1200	1156	1132	1100	1070	940	795	605

Para obtener unos valores de cálculo exactos, es imprescindible que se tome en consideración, además del esfuerzo a que se somete el material por la tensión tangencial, los esfuerzos principales en dirección tangencial, longitudinal y axial. Por lo tanto una vez calculado con la fórmula anterior, el espesor de la tubería se hallará la tensión total del trabajo por la fórmula siguiente:

$$\text{Tensión total de trabajo} = \frac{1}{2} P \frac{D + e}{e}$$

La tensión sacada por medio de esta fórmula, deberá ser igual o menor que la admisible en la soldadura (900 ó 1050 Kg/cm²)

El esfuerzo del viento por m² sobre la superficie de la tubería será el siguiente:

D= diámetro en metros

X= de 0 hasta 8 metros altura = 50 Kg/m²

8	20	= 80
20	100	= 110
100 a más metros		= 130

La dilatación térmica aproximada por cada metro de tubería es la siguiente:

100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°	C
1,17	1,8	2,4	3,0	3,7	4,4	5,1	5,9	6,5	mm

Para calcular el esfuerzo que tienen que resistir los soportes y los anclajes, en el sentido de la tubería, se tomará el peso que se apoya sobre el soporte y se multiplicará por 1.3. El momento flector será este esfuerzo multiplicado por la altura del soporte. Para el viento y la carga hacer los cálculos correspondientes de acuerdo a las normas ya establecidas. La suma de las tensiones de trabajo en los dos sentidos, deberá ser igual o menor que la admisible en los perfiles del soporte. Recordar siempre que la presión interior de la tubería que transporten líquidos, o estará determinada por el peso específico del líquido contenido en ellos.

4.2. OPCIONES DE CARGADORES

Por los cambios de temperatura, las tuberías modifican su longitud, por lo tanto, los cargadores tendrán que ser rígidos sobre los cuales se pueda deslizar la tubería.

Para que este movimiento se efectúe, se proyectarán unos apoyos en forma de cuna que cojan aproximadamente 120° de la tubería. A la tubería es preferible colocarle adicionalmente una chapa de acero inoxidable, y al apoyo otra, por lo tanto, el deslizamiento se efectuará entre ellas. La dimensión de la chapa que va soldada a la tubería dependerá del deslizamiento previsto y además esta chapa servirá para darle rigidez a la tubería en el sitio del apoyo. Se pone chapa de acero inoxidable para evitar que en el sitio de deslizamiento se meta óxido, ya que si fuera así, la resistencia del soporte tendría que ser mucho mayor.

Tener en consideración que los cargadores o soportes de tubería, debe dar perfecto asiento a la misma sin dificultar

las variaciones de longitud debidas a las oscilaciones de la temperatura.

Las tuberías sencillas y frias de poco diámetro se tienden por debajo o por encima del revoque, sujetándolas con abrazaderas empotradas en la pared, con tolerancias de juego suficiente por las variaciones.

Las tuberías grandes se colgarán de anclajes de movimiento libre o irán soportadas por apoyos o cojinetes de bolas o rodillos o de deslizamiento, en la que se evitarán las esquinas y puntas de posibles acuñamientos. Si la tubería tuviera libertad de movimiento transversal, se dispondrán apoyos elásticos o de palanca de los brazos con contrapeso. Las distancias entre apoyos dependen del peso de los tubos incluyendo el del fluido que por los mismos circula y el del aislamiento. Como distancias normales pueden indicarse las siguientes:

TUBERIAS AISLADAS PARA VAPOR Y GASES

Diámetro Nominal /	100	Distancia entre apoyos	3 m
" "	100	" " "	5 m
" "	200	" " "	7.5 m
" "	300	" " "	9 m
" "	400	" " "	11.5 m

Para tuberías de agua, la distancia es un 10% menos; para las tuberías sin aislar, un 10% más.

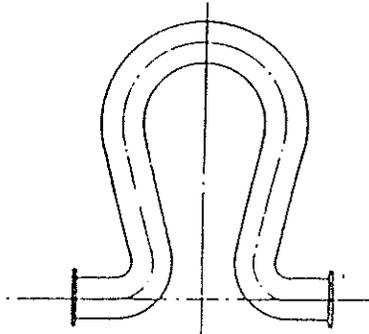
Para las tuberías de gran valor, se calculará la separación de los apoyos. La accesibilidad de las tuberías exige cierta separación de las paredes, que tratándose de tuberías aisladas de vapor importa:

Diámetros nominales	100	200	300	400
Distancias a la pared	200	250	300	400 mm

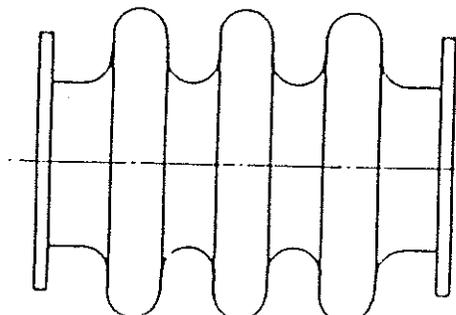
4.3 COMPENSADORES

Actualmente las tuberías se proyectan casi exclusivamente soldadas, más en lo concerniente a adaptadores para tuberías de acero inoxidable. En tuberías de mucha longitud, se dispondrán de compensadores, como el compensador lenticular que sirve para presiones bajas y grandes dilataciones.

Esta también el que sirve para presiones altas y grandes dilataciones (tuberías de transportación de líquidos) que se fabrican en la obra formando liras por medio de codos siguiendo reglas establecidas para las distancias de los mismos de acuerdo con los diámetros de los tubos.



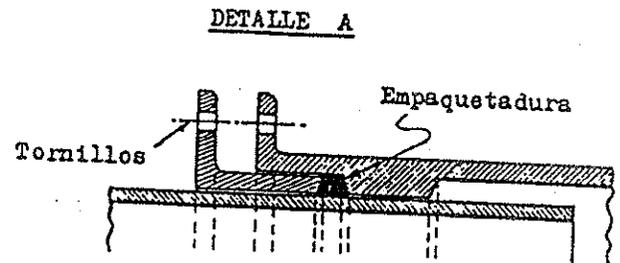
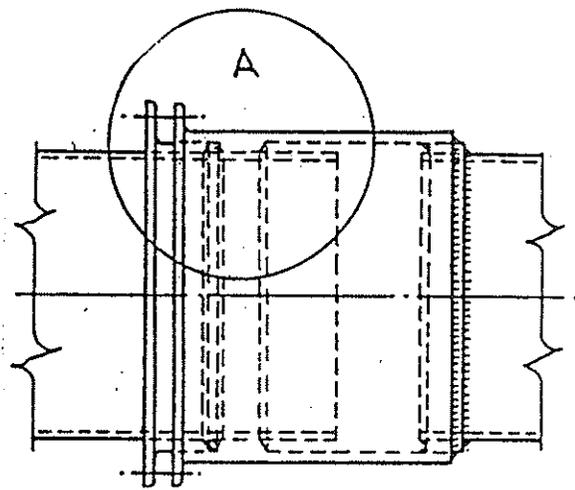
El compensador de lira sirve para presiones altas o bajas, y para grandes dilataciones.



COMPENSADOR LENTICULAR

COMPENSADOR DE ARTICULACION ELASTICA
(FIGURA 38)

Hay que tomar en cuenta que los compensadores de dilatación se montan con una tensión previa del 50 al 100% con el objeto de que la tubería en servicio, quede lo más posible libre de tensiones. La fuerza en los puntos fijos se determinarán en virtud de la fuerza elástica de los compensadores de dilatación.



COMPENSADOR DE ARTICULACION ELASTICA

La siguiente tabla indica los valores a tomar en cuenta.

TABLA No.6

Construcciones usuales de los compensadores de dilatación

Tipo	Díámetro nominal mm	Presión nominal kg/cm ²	Máxima temp. de servicio °C	Dilatación admisible mm
Compensadores con cambio de dirección de la tubería:				
Arcos de tubo liso en forma de U o de lira		Como la tubería		
Arcos de tubo ondulado o plegado en forma de U o de lira	70 ... 275	49	400	18/480
	300 ... 400	32	400	70/525
Compensadores de manga metálica				
de construcción ligera	25 ... 400	6	500	hasta 400
de construcción normal	25 ... 1000	45	500	hasta 400/300
Compensadores de articulación elástica				
de construcción ligera	50 ... 500	3 ... 1	500	hasta 300
de construcc. normal	40 ... 500	25	400	hasta 400
Compensadores sin cambio de dirección de la tubería:				
Compensadores lenticulares	400 ... 2000	4 ... 2	350	6 ... 10 mm por lente
Compensadores de enchufe con muelle de baja presión	50 ... 500	7	400	50 ... 150
de alta presión	50 ... 500	25	400	50 ... 150
Compensadores de cuerpos elásticos				
de ondulación paralela	15 ... 300	12 ... 2	100/200	25 ... 45
de ondulación oblicua	15 ... 250	8 ... 4	150	25 ... 150
Prismatopos de dilatación				
sin descarga	{ 25 ... 400	10	375	150 ... 200
	{ 25 ... 400	16 ... 64	375	140/400
con descarga	{ 100 ... 600	10 ... 25	375	200/350
	{ 100 ... 325	64	375	200

Dilatación de las tuberías por el calor: aproximadamente, de 1.2 a 1.4 mm/m por cada 100°.

4.4 FABRICACION DE ACCESORIOS

Al realizar las instalaciones de tuberías, surgen en el montaje problemas tales como que se necesitan reductores, tapas para pequeños depósitos, tees, una curva con ángulo especial o fabricación de piezas con formas caprichosas y en el comercio no se consiguen algunos de estos elementos, entonces hay que realizarlos con lo que se cuenta.

Para realizarlos, se pueden hacer por medio de pruebas en taller con máquinas herramientas, o por medio de trazos; en éste capítulo, se mencionará este tema.

4.4.1 POR MEDIO DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS

Elaboración de reductores para la fabricación de reductores o conos truncados, se puede realizar de dos formas diferentes; por medio de un torno o con una prensa hidráulica; la fabricación con torno no necesita explicación, ya que es un trabajo simple, igual de simple con una prensa hidráulica se puede formar los conos sólo con pequeños trozos de tubos y un cono de material sólido bien pulido; se extrulle la forma que necesitamos, sólo teniendo el cuidado que el reductor no necesite una abertura muy grande porque si no se tendrán que fabricar varios reductores, por ejemplo, para fabricar un reductor de 15mm a 50mm se empieza con un tubo de 15mm y se expande hasta 25mm, después con un tubo de 25 podemos expandir hasta 40mm y con un trozo de tubo de 40 podemos llegar a 50 fácilmente; entonces, el cono de salida debe de tener la forma de reducción que queremos y ser bien lubricado para ayudar a la expansión. La prensa debe utilizarse aplicando la fuerza lentamente para evitar que el tubo se doble, arrugue o rompa; ayuda a que el tubo no sea muy largo y una buena lubricación con grasa. si no se cuenta con un cono de metal sólido de la forma de la reducción; lo podemos hacer con varios conos tratando sólo de tener la misma inclinación en los diferentes conos.

Para la fabricación de tapas, igual que en la fabricación de conos, con la ayuda de una prensa hidráulica y una pieza con forma circular de material relleno, se puede extruir una lámina de pequeño calibre de 2mm lo máximo y después de cortar la forma de la lámina ajustándola a nuestras necesidades.

Para la fabricación de tees con un pedazo de cartulina, se puede trazar un círculo del diámetro del tubo que necesita perforar para colocar la parte perpendicular a un tubo recto y formar con ello una tee; con esta cartulina, la colocamos sobre el tubo, la copiamos y con una amoladora recta y una sierra se puede cortar el círculo proyectado y se tendrá la boca de pescado en el tubo se tendrá perforado. Con el tubo perforado se puede colocar

otro tubo y marcar el corte en el tubo perpendicular o con la ayuda de la misma plantilla, se podría trazar la boca de pescado sólo conociendo la altura del corte a realizar.

Para formar curvas ya que éstos tubos son muy delgados, tienden a perder su forma en las dobladoras; para evitar esto se puede rellenar el tubo con arena bien cernida, y colocarle unos tapones de madera para lograr un tubo con mayor ductilidad y así poder doblar; si el diámetro es muy pequeño, se puede colocar internamente una barra de hierro o alambre para evitar que al doblar pierda su forma o también se puede formar con un alambre o varilla una espiral sobre el tubo que permita darle el esfuerzo del doblar más suavemente, y con ello poder formar la curva o codo que se necesita.

4.4.2. FABRICACION POR TRAZOS

Por medio de proyecciones de figuras geométricas, se pueden fabricar piezas con láminas.

A continuación, una serie de ejemplos:

EJEMPLO No 1

Obtener la plantilla de un cono de revolución. Llámese cono de revolución al sólido engendrado por la revolución completa de un triángulo, rectángulo alrededor de uno de sus catetos. El cateto, a cuyo rededor gira el triángulo rectángulo generador, es a la vez eje y altura del cono. La hipotenusa es la generatriz del cono, etc.

Por lo tanto AC, de la figura 39, representa el diámetro de la base y BD, el eje o altura. Para obtener la plantilla nos bastará tomar como radio la hipotenusa AB con la cual se trazará el arco A'A'' (figura 39) Pasando sobre dicho arco, la circunferencia desarrollada de la base del cono y uniendo los puntos A'A'' con el centro B, se tendrá la plantilla.

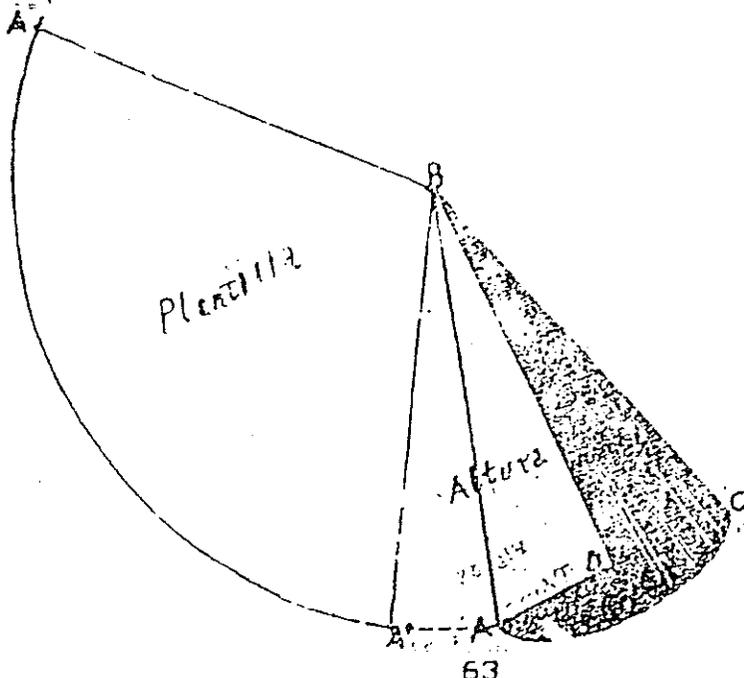
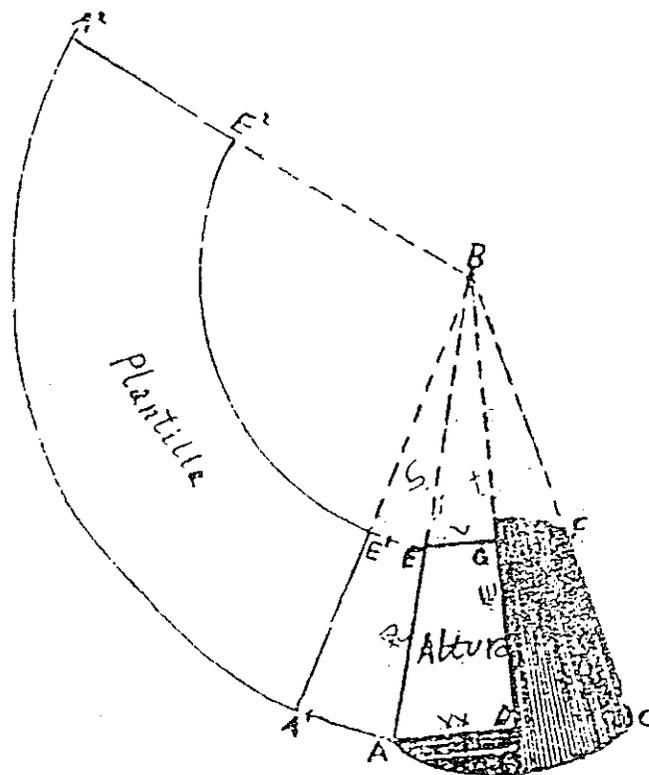


Figura 39 y 40

EJEMPLO No 2

Obtener la plantilla de un trozo de cono. Cono truncado o trozo de cono es la porción de la parte inferior de un cono cortado. En el presente caso, paralelamente a su base. Las letras A E F C representan la porción de un cono truncado y D G (figura 41), su altura.



(figura 41 y 42)

Para encontrar la generatriz, se prolongará el eje del trozo indefinidamente, así como el lado A E, hasta encontrarse con el eje en B y así se habrá encontrado la hipotenusa de los triángulos rectángulos D B A y G B E.

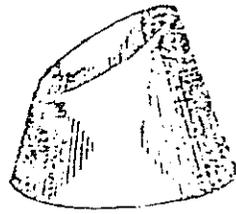
Tómese la hipotenusa B A y haciendo centro en B trácese el arco A' A" (figura 42). Haciendo otro tanto con la hipotenusa B E, con el mismo centro B, de modo que los arcos trazados sean concéntricos. Pásese el desarrollo de la circunferencia rectificada de la base menor del trozo. Y así tendremos que: la línea A' A" E" E' (figura 42) será la plantilla.

EJEMPLO No. 3

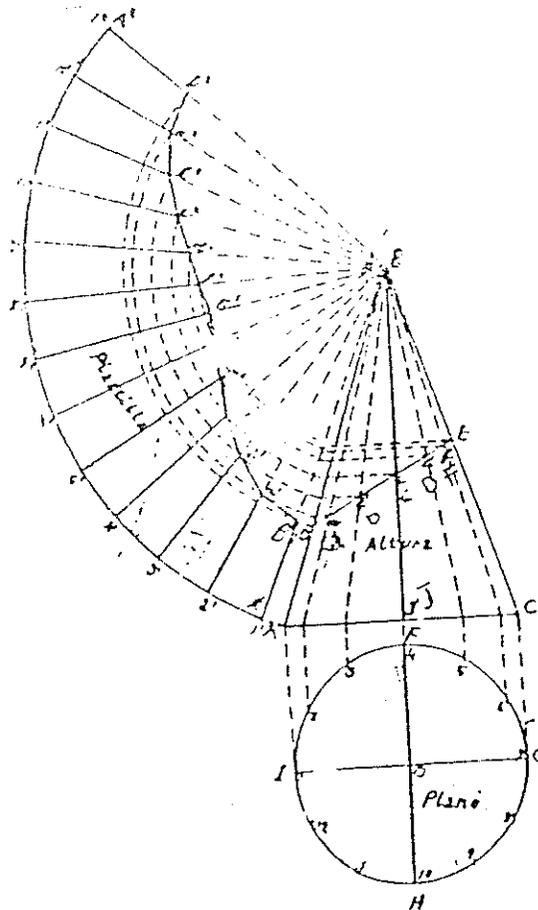
Obtener la plantilla de un trozo de cono cortado oblicuamente a su base (figura 43).

Un cono puede estar cortado diagonalmente, es decir, que una de sus bases sea oblicua a la otra. Para encontrar su

desarrollo y corte superior diagonal, se procede de la manera siguiente: las letras A D E C (figura 44) presentan el trozo en su altura y perfil de su corte diagonal y el círculo F G H I, el plano de su base perpendicular a su eje J B.



(figura 43)



(figura 44 y 45)

Prolónguese los lados A D y C E hasta encontrar el vértice B y habremos encontrado un cono completo de revolución y por tanto el radio generador. Para encontrar el corte diagonal, divídase el plano en un número de partes iguales entre sí; en el presente caso, doce: 1 2 3, etc. De cada una de las divisiones 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, trácense con líneas auxiliares perpendiculares a la base A C, siguiendo su prolongación oblicua hasta encontrarse en el vértice B. De cada una de las intersecciones D, a, b, c, d, f, y E, hechos

en la oblicua que forma el perfil del corte diagonal D E, trácense líneas paralelas a la base A C hasta encontrar B D y habremos encontrado, por este medio la hipotenusa de cada uno de los triángulos en que quedó dividido el cono al prolongar las perpendiculares oblicuamente y unirse en el vértice B.

Para obtener la plantilla, se tomará la hipotenusa B A y haciendo centro en el vértice B, se trazará el arco indefinido A' A" (figura 45) y tomando una de las distancias en que quedó dividido el círculo F G H I (v.g.) 1-2 con lo cual se dividirá el arco antes trazado en el mismo número de partes iguales entre sí en que se dividió el círculo F G H I 1' 2' 3' 4' etc. Unanse estos puntos por medio de rectas con el centro B. Por último, con el mismo centro B y tomándo como radios cada una de las hipotenusas D, a, b, c, d, f. E. en su intersección en B, D, describanse arcos concéntricos, prologados hasta ir encontrando sus respectivos números sobre los triángulos que forman las rectas 1' 2' 3', etc (v.g) el arco correspondiente a la hipotenusa C, corresponde a la perpendicular trazada de la división 4 del círculo F G etc, y por lo tanto su prolongación deberá extenderse hasta encontrar la recta tirada de la intersección 4' de la figura 45 y en el mismo orden se prolongarán los demás arcos. Unanse por líneas rectas las intersecciones B' a' b' c' d' f' E f" d" c" b" a" y B", teniendo por este medio, el corte de la plantilla (figura 45)

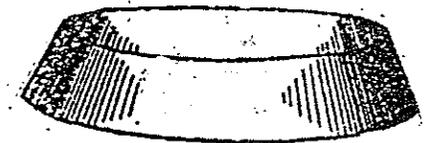
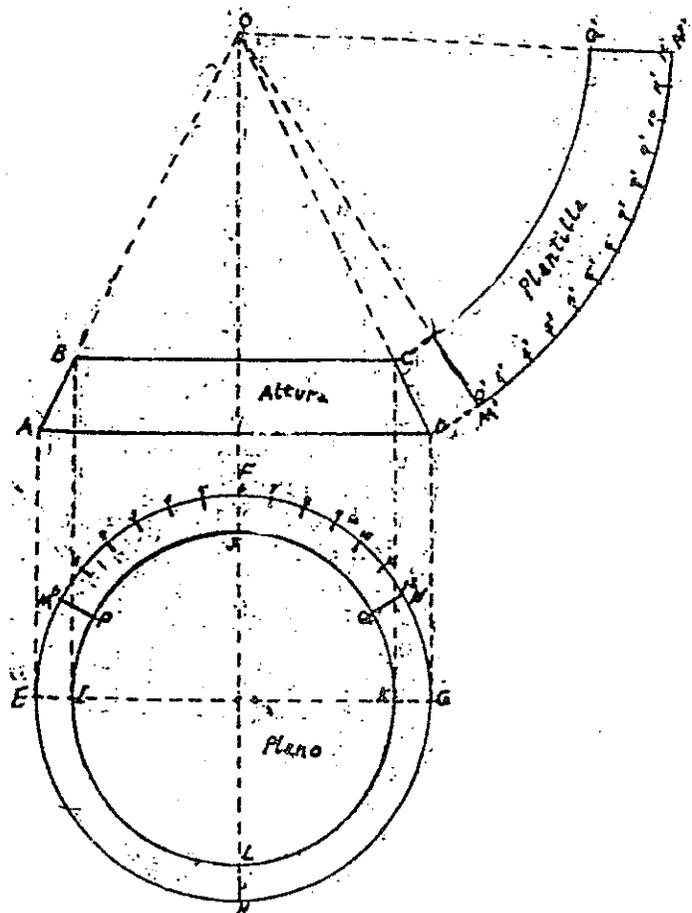


Figura 46

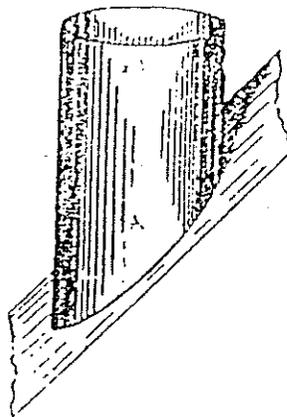
Figura 47 y 48

EJEMPLO No. 4

Obtener la plantilla de un trozo de cono de grandes diámetros y pequeña altura (figura 46)

Las letras A B C D (figura 47) representan la altura del trozo de cono, y los círculos E F G H e I J K L, el plano de sus bases. Para encontrar el radio generador, se prolongarán los lados del trozo A B y D C hasta encontrarse en el vértice O.

En el presente caso, como se trata de un cono de grandes diámetros, se dividirán las circunferencias E F G H e I J K L, entre partes iguales entre sí (M N, N H, H M) correspondientes a la base mayor, y P Q, Q L, L P a la base menor. Tómese una de estas partes v.g. M N, y divídase en algún número de partes iguales entre sí, 0, 1, 2, 3, 4 etc. Para obtener la plantilla, se tomarán las hipotenusas O D y O C y haciendo centro en el vértice O, se trazarán los arcos concéntricos M' N', P' Q' y tomándose una de las distancias en que está dividido el segmento del plano M N, v.g. O1; divídase el arco M N (Figura 48) en el mismo número de partes iguales en que quedó dividida la tercera parte de la circunferencia E F G H, pues por este medio tendremos el desarrollo del segmento sobre la plantilla O', 1', 2', 3', 4', etc. Unanse los puntos O' y 12' con el centro O y tendremos una tercera parte de la plantilla (figura 48)

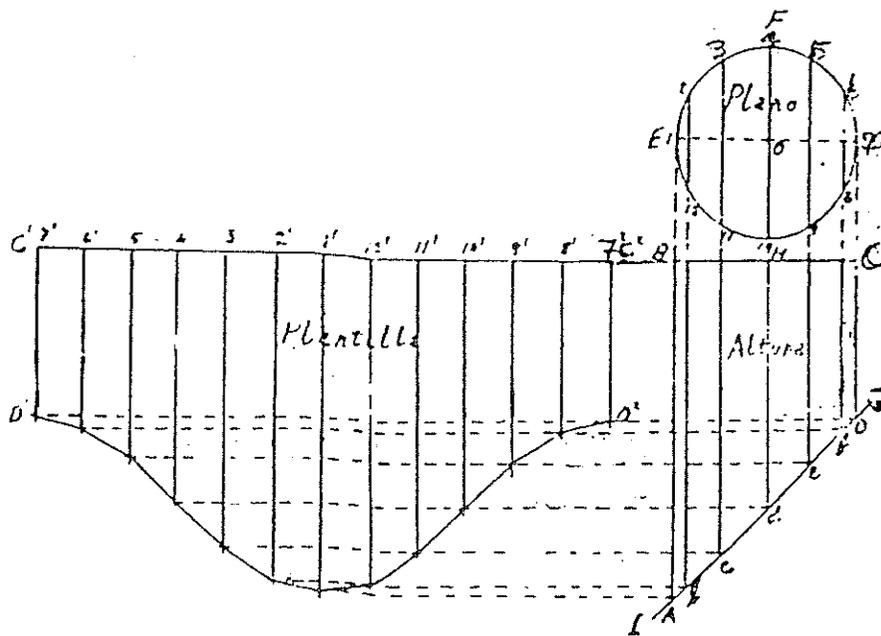


(Figura 49)

EJEMPLO No. 5

Obtener la plantilla de un tubo vertical sobre un plano o techo inclinado (Figura 49).

La Figura 50 nos presenta la altura del tubo; es IJ el perfil del plano sobre el que descansa el tubo, así como el círculo E F G H representan el plano. Para obtener las alturas de su corte diagonal, se dividirá el plano en algún número de partes iguales entre sí 1, 2, 3, 4, etc. trazando de cada uno de estos puntos, líneas perpendiculares a la parte superior B C prologándolas hasta entrar el perfil del plano inclinado IJ (A, b, c, d, e, f, D), teniendo por este medio las alturas de su corte diagonal.

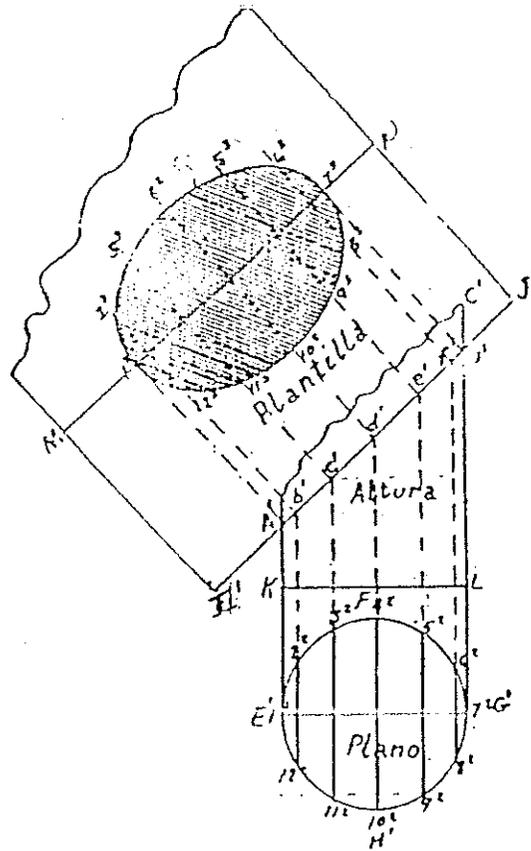


Figuras 50 y 51

Para obtener la plantilla, prolongúese la horizontal C B indefinidamente y sobre esta prolongación pásese la circunferencia rectificada del tubo C' C" (figura 51) dividiéndola en el mismo número de partes iguales entre sí en que se haya dividido el plano E F G H de la figura 50 y márchese en el mismo orden 1', 2', 3', etc. trace de cada uno de éstos puntos, líneas perpendiculares a C' C" y se prolongan indefinidamente. Por último, de cada una de las intersecciones de las perpendiculares bajadas de B C y prolongadas hasta la oblicua IJ (figura 50) o sean los puntos de intersección A b, c, d, e, f, D, trácense líneas paralelas a B C prologándolas hasta ir encontrando sus números correspondientes en las perpendiculares 7' 8' 9' 10' 11' 12' 1' 2' 3' 4' 5' 6' y 7', y uniendo por una línea los puntos de intersección, se tendrá el corte de la plantilla (figura 51).

Para realizar el corte en el tubo, deberá hacerse en el techo o plano inclinado. Tomando la inclinación del techo, se trazará la recta I' J' (Fig 52). Trácese el círculo E' F' G' H' igual al plano del tubo dividiéndolo en el mismo número de partes 1" 2" 3" 4" etc., trazando de cada uno de éstos puntos, líneas paralelas que se prolongan hasta encontrar la oblicua I' J' (A' b' c' d' e' f' F') Trácese

de cada una de estas intersecciones, líneas imaginarias perpendiculares a I' J' cortándolas en algún punto con la perpendicular, M N (fig 53) partiendo de la perpendicular, se pasará sobre cada una de las paralelas, a uno y otro lado, y las distancias de las cuerdas en que está dividida la circunferencia E' F' G' H' tomándolas por sus mitades desde el diámetro E' G' y pasándolas por su orden correspondiente 1" 2" 3" etc. (figura 53) uniendo estos últimos puntos, tendremos el corte del tubo.



Figuras 52 y 53

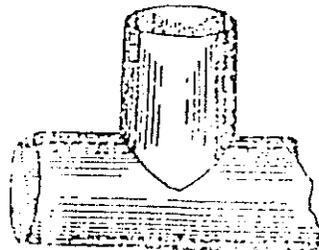
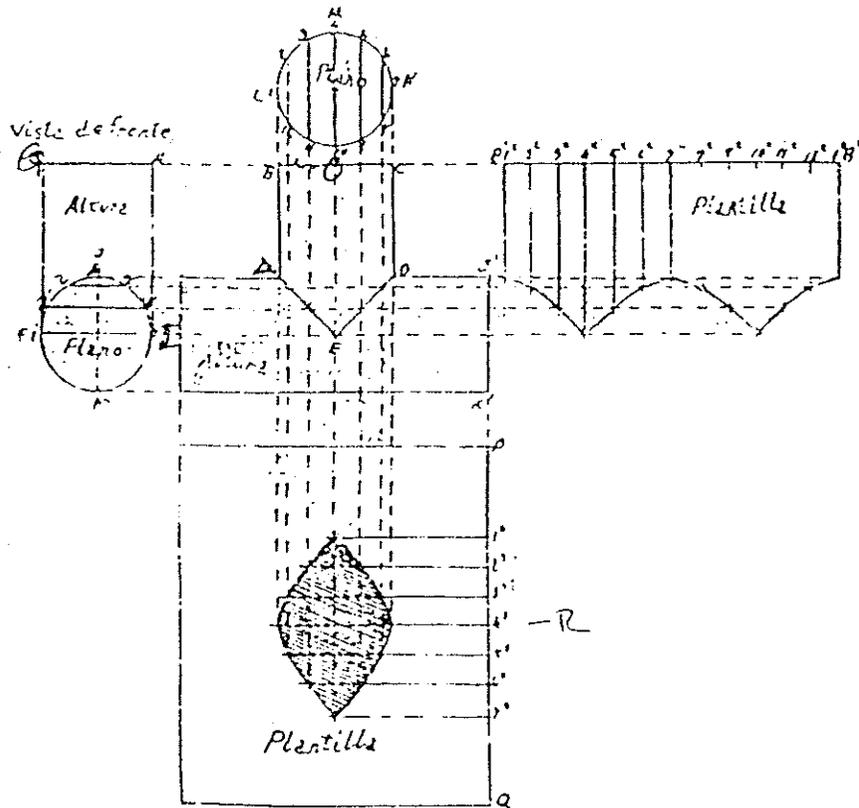


figura 54

EJEMPLO No.6

Obtener la plantilla de unión de dos tubos del mismo diámetro con sus ejes perpendiculares (Figura 54). Las letras A B C D E (figura 55) nos representan la altura y parte de unión de ambos tubos; y las letras F G H I J K, la vista del frente así como el círculo L M N O el plano del tubo superior. Para obtener la plantilla, se dividirá el círculo L M N O en algún número de partes iguales entre sí, 1 2 3 4, etc. Unanse los puntos 2 12 3, 11, 4, 10, etc., por líneas imaginarias, prologándolas indefinidamente. Dividase a su vez el semicírculo F J I en el mismo número de partes en que se haya dividido L M N del plano 1' 2' 3' 4' 5' 6' 7'. De cada uno de los puntos 1' 2' 3' 4', trácense líneas paralelas auxiliándolas indefinidamente. Prolónguese la horizontal B C sobre la cual pasará el desarrollo de la circunferencia del tubo dividiéndola en el mismo número de partes iguales en que se haya dividido el plano L M N O, 1" 2" 3" 4", etc. (figura 56). Trazando de cada uno de éstos puntos líneas perpendiculares a B' B" prologándolas hasta ir encontrando las perpendiculares 1' 2' 3' 4' por su orden correspondiente, al unir los puntos de intersección, tendremos el total de la plantilla (figura 56)



Figuras 55, 56 y 57

Para obtener el corte del agujero de unión de los tubos, se prolongará $J' K'$ indefinidamente, pasando sobre éste el desarrollo de la circunferencia del tubo $P Q$ (Fig 57) Dividase por la mitad en (R) y desde R , pásese a uno y otro lado sobre los segmentos $P R$ y $Q R$ las distancias $1' 2' 2' 3', 3' 4'$, tomadas del semicírculo FJI (Fig 55), marcándolos por su orden respectivo $1'' 2'' 3''$, etc. De cada uno de estos puntos, trácense líneas perpendiculares a $P Q$, prologándolas hasta ir encontrando por su orden las paralelas imaginarias trazadas desde el plano $L M N O$, y uniendo estos últimos puntos de intersección, tendremos el corte del agujero. (figura 57)

EJEMPLO No. 7

Para obtener la plantilla de unión de dos tubos de distinto diámetro con sus centros perpendiculares. (figura 58)

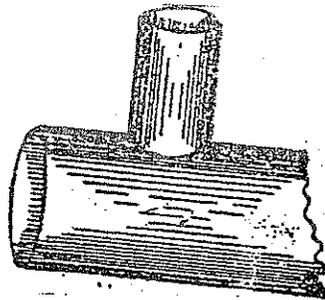


Figura 58

Las letras $A B C D E F G H I$ (figura 59) nos muestran la altura; siendo $C I F$ la unión de un tubo en el otro y $A' J' B' L M K$ (figura 60) la altura vista de frente. Para obtener la plantilla, se trazarán con el radio del tubo delgado, los planos $D' M' E' L'$ y $D'' L'' E'' M''$, dividiéndolos en algún número de partes iguales entre sí, trazando de cada uno de estos puntos, líneas paralelas imaginarias, perpendiculares a $D E$ (figura 59) y a $L M$, en la Figura 60, prologando las primeras indefinidamente y la segundas hasta encontrar el círculo $A' J' B' K$ ($I' a, c, B', d, e, I''$) (Figura 60). Trácense, de cada uno de estos puntos de intersección, líneas auxiliares paralelas a $B G$ prologándolas indefinidamente. Prolónguese a su vez DE (figura 59) y pásese sobre esta prolongación, partiendo de un punto conveniente, el desarrollo de la circunferencia $D' M' E' L'$ ($N O$) (figura 61) dividiéndolo en el mismo número de partes iguales $1'' 2'' 3'' 4''$, etc., y trácense de cada uno de estos puntos, líneas perpendiculares a ON prologándolas hasta ir encontrando las paralelas imaginarias $I' a, c, B'$, etc., por su orden respectivo; y uniendo estos últimos puntos de intersección, tendremos la plantilla del tubo delgado (figura 61).

Para obtener el corte del agujero de tubo grueso, se prolongará el perfil GH , y se pasa sobre esta prolongación el desarrollo de la circunferencia $A' J, B, K$ (plano del tubo grueso) $P Q$ (figura 62) y se divide en el mismo número

de partes en que está dividido el plano; y partiendo de la mitad R, pásense a uno y otro lado la distancia I'' a' c' B'' y d' e' I''', tomadas del plano. Trácese, de cada uno de estos puntos, perpendiculares, y prologándolas hasta ir encontrando las auxiliares trazadas desde el plano D' M' E' L', por su orden respectivo; uniendo las intersecciones, tendremos el corte del agujero. (Figura 62)

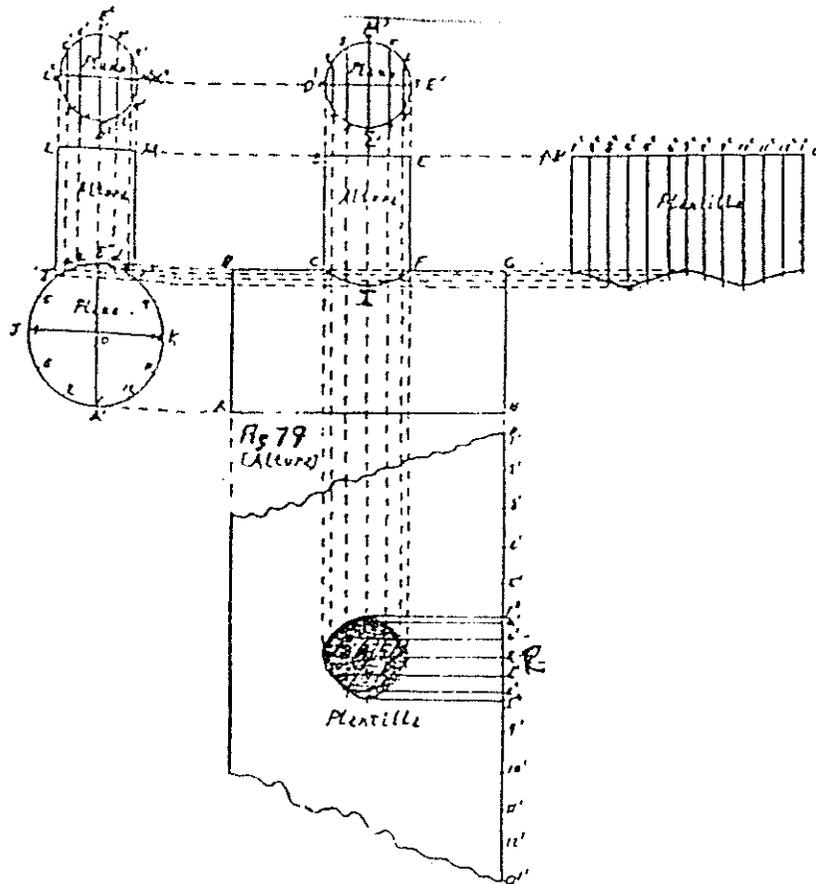
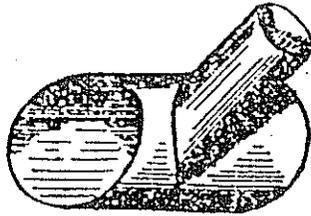


Figura 59, 60, 61, y 62

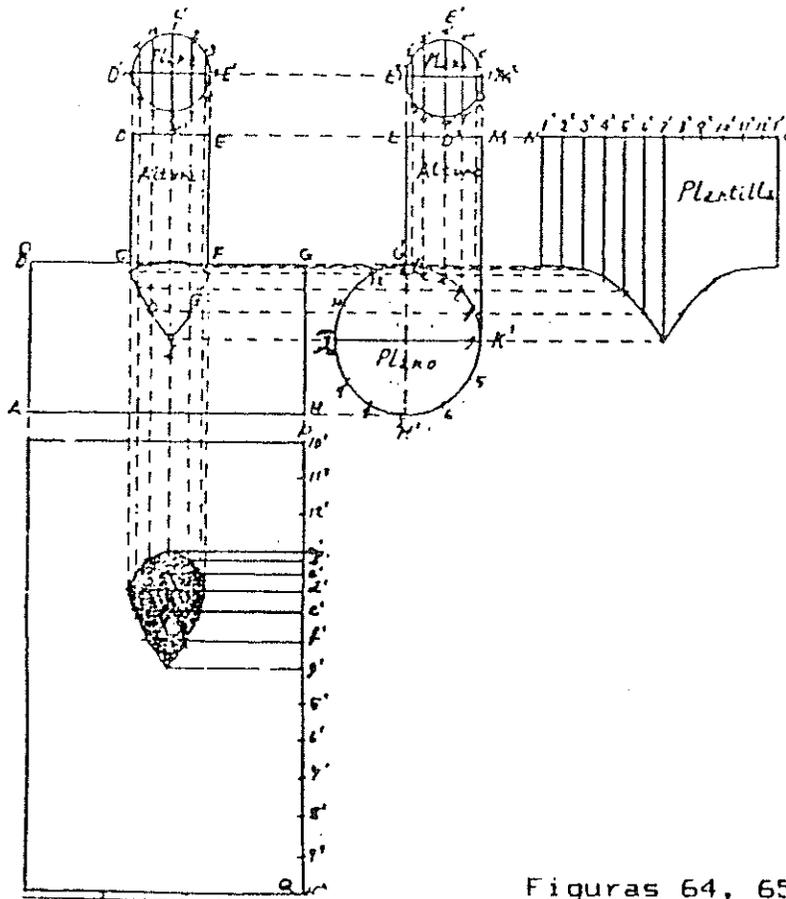
EJEMPLO No. 8

Obtener la plantilla de unión de dos tubos perpendiculares, de distinto diámetro, es el tubo delgado tangente, por uno de sus puntos a la circunferencia del tubo grueso. (Figura 63).



Las letras A, B C D E F G H I (figura 64) nos muestra la altura vista de lado y G' K' H' J' L M (figura 65) la altura vista de frente.

Con el radio del tubo delgado, trácense los círculos D' L' E' M' (figura 64) y L'' E'' M'' D'' (figura 65) dividiéndolos en algún número de partes iguales entre sí 1 2 3, etc, y 1' 2' 3', etc., respectivamente.



Figuras 64, 65, 66, y 67

Trácense de cada uno de estos puntos, con líneas imaginarias perpendiculares a D E y L M, prolongando las primeras indefinidamente y hasta encontrar el círculo J G' K' H' las

segundas. De cada una de las intersecciones de éstas perpendiculares en el cuarto de círculo G' K (Figura 65) (a b c d e f g), trácense sus perpendiculares prolongándolas indefinidamente. Prolónguese LM, pasando desde un punto conveniente, la circunferencia rectificada del tubo delgado (N O) (Fig. 66) dividiéndolo en el mismo número de partes iguales en que está dividido el plano L" E" M" D" (1" 2" 3" 4" etc) Se traza de cada uno de estos puntos, líneas paralelas perpendiculares a N O prologándolas hasta ir encontrando, por su orden correspondiente, las perpendiculares imaginarias trazadas desde los puntos a, b, c, d, f, g, y uniendo estos últimos puntos de intersección, tendremos la plantilla. (figura 66).

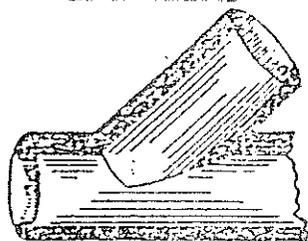
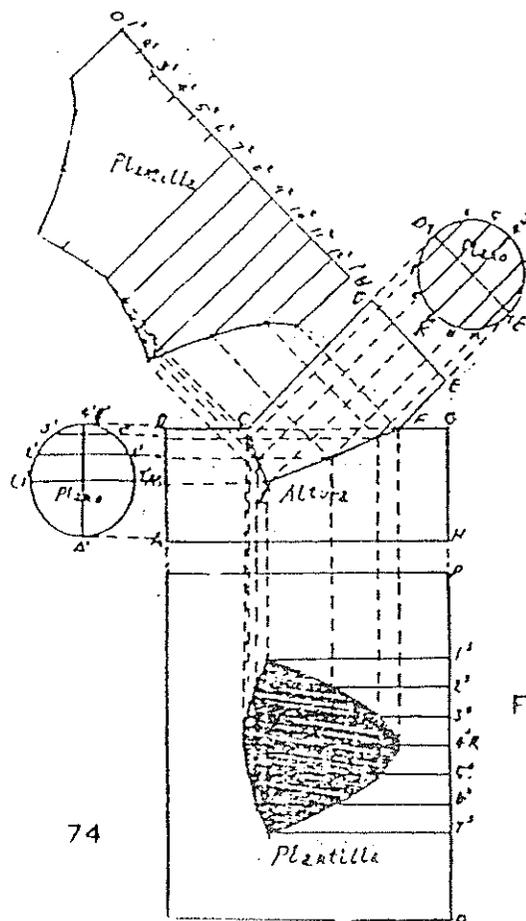


Figura 68

Para obtener el corte del agujero, se prolongará G H, pasando sobre ésta, desde un punto conveniente, la circunferencia rectificada del tubo grueso (PQ), dividiéndolo en el mismo número de partes iguales entre sí en que está dividido el círculo G' K' H' J, cada una de las distancias a' b' c' d' e' f' g', por su orden. Trácense de cada uno de estos puntos, líneas perpendiculares, prologándolas hasta ir encontrando las perpendiculares imaginarias, trazadas desde el círculo D' L' E' M', y uniendo estas últimas intersecciones, tendremos el corte del agujero (Figura 67).



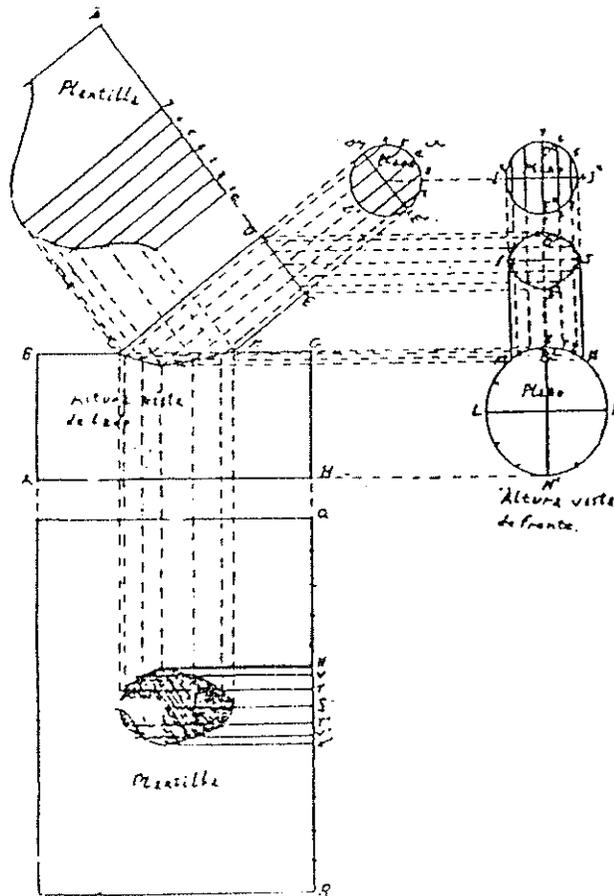
Figuras 69, 70 y 71



figura 72

EJEMPLO No.9

Obtener la plantilla de unión de los tubos del mismo diámetro, con sus ejes oblicuos (figura 69)
 Las letras A B C D E F G H I (figura 69) representan la altura e inclinación del tubo superior, es CIF la parte de unión. La circunferencia L B' M' A' y D' J' E' K, nos muestran las bases de los cilindros o tubos. Para obtener la plantilla, se dividirá el círculo D' J' E' K, en algún número de partes iguales, 1 2 3, etc. Trazando de cada uno de estos puntos líneas imaginarias paralelas a C D, prologándolas hasta encontrar la línea de unión CIF (figura 69), se sigue su prolongación indefinidamente, perpendiculares a B G.



Figuras 73, 74 y 75

Divídase el semicírculo $L B' M$, en la mitad de las partes en que está dividido el plano $D' J E' K$, $1' 2' 3'$, etc, trazando de cada uno de estos puntos perpendiculares a $A B$ y sus intersecciones con las rectas trazadas desde el plano $D' J E' K$, y nos dará la línea CIF (Esto se hará cuando se trate de encontrar esta línea pero cuando se tenga de antemano, con sólo dividir el semicírculo $L B' M$ nos bastará para el uso que adelante explicamos). Prolónguese el perfil $E D$ y desde cualquier punto; pásese de N a O la circunferencia rectificada del diámetro del tubo (figura 70) dividiéndolo en el mismo número de partes en que se haya dividido el plano $D' J E K$. Trazando de cada uno de los puntos $1'' 2'' 3''$, etc., líneas perpendiculares a $N O$ se prolongan indefinidamente. Por último, de cada una de las intersecciones hechas por las perpendiculares sobre la línea CIF (fig 69); trácense líneas paralelas a $D E$, prolongándolas hasta ir encontrando las perpendiculares $1'' 2'' 3''$, etc (fig 70) y uniendo estas intersecciones, tendremos el corte de la plantilla.

El corte del agujero lo tendremos prolongando $G H$ y pasando sobre esta prlongación el desarrollo de la circunferencia del tubo horizontal $P Q$ (fig 71) dividiéndolo por la mitad en R , pasando a uno y otro lado de este punto; las distancias $1'' 2'' 3''$, etc, tomadas sobre la circunferencia $L B' M A'$ (fig 69); Trácense de cada uno de estos puntos líneas perpendiculares a $P Q$, prolongándolas hasta ir encontrando las paralelas auxiliares trazadas desde la línea e ir encontrando las paralelas auxiliares trazadas desde la línea CIF , y uniendo estas últimas intersecciones, tendremos el corte del agujero (fig 71). La división que se hace al semicírculo $L B' M$, nos sirve para tener las distancias entre las paralelas $1'' 2'' 3''$, etc.

EJEMPLO No. 10

Obtener la plantilla de unión de dos tubos de diferente diámetro con sus ejes oblicuos (figura 72)

Las letras $A B C D E F G H$ (fig 73) nos muestran la altura e inclinación del tubo oblicuo, así como las letras $L N J I M C K H$ la vista de frente; son $D' I' E' J'$ y $D'' E'' J''$ los planos de las bases de los cilindros.

Para obtener la plantilla, se dividirán los planos en algún número de partes iguales entre sí $1 2 3$, etc., y $1' 2' 3'$, etc., respectivamente. Trazando de cada uno de estos puntos líneas paralelas perpendiculares a $D E$ y $J I$, respectivamente y prolongando indefinidamente las primeras y las segundas; las primeras encuentran al círculo $G' K' H' L$. Desde estas intersecciones, trácense también paralelas a $G B$

prologándolas hasta encontrar las perpendiculares trazadas desde el plano D' I' E' J', y uniendo estas intersecciones, tendremos la línea C F que nos muestra la entrada de un tubo en el otro. Prolónguese el perfil E D indefinidamente, y desde un punto conveniente, máquese la circunferencia rectificadada del diámetro del tubo delgado O P (Figura 74) dividiéndolo en el mismo número de partes iguales en que quedó dividido el plano D' I' E' J', 1" 2" 3", etc, trazando desde cada uno de estos puntos líneas perpendiculares a O P, prolongándolas indefinidamente. Desde las intersecciones de la línea CF, trácense líneas paralelas a E D, prolongándolos hasta encontrar las perpendiculares 1" 2" 3", etc., por su orden respectivo. Uniendo estas últimas intersecciones tendremos la plantilla deseada. (figura 74).

EJEMPLO No. 11

Obtener la plantilla de los gajos de una esfera.
(figura 76)

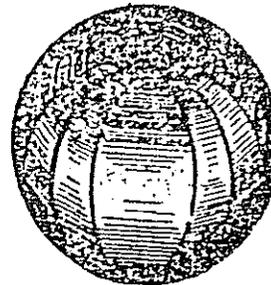


Figura 76

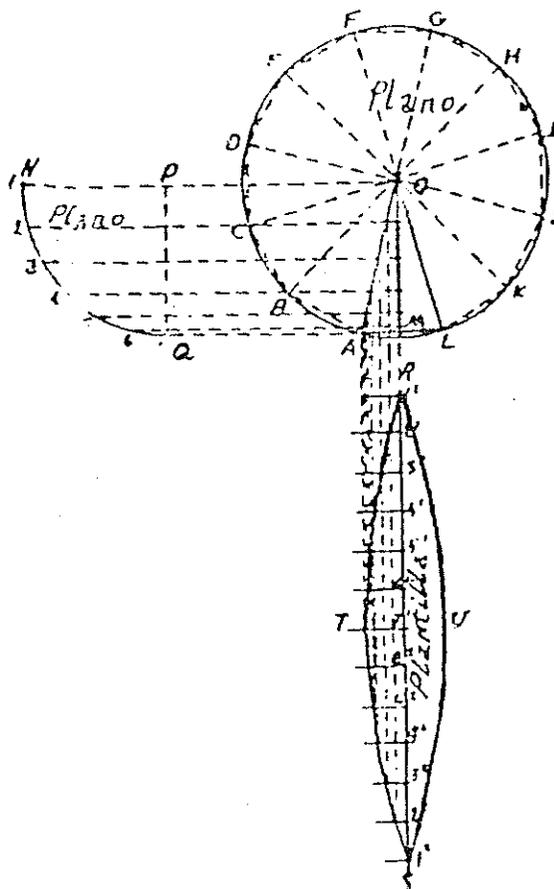


Figura 77 y 78

RECOMENDACIONES EN EL MONTAJE DE TUBERIAS

De acuerdo con lo analizado en esta tesis, se tiene la apreciación que las recomendaciones que a continuación se sugieren van dirigidas en especial a los profesionales involucrados en los procesos de montaje de tuberías donde se pueden utilizar estas técnicas.

1. Al momento de iniciar un trabajo de montaje, hay que contar con el material necesario y equipo, para realizarlo en el menor tiempo posible.
2. Regirse siempre por las normas internacionales en cuanto a códigos de colores, tipos de productos que se van a trasladar, materiales auxiliares, tipos y distancias de cargadores, etc.
3. Al realizar el estudio de una instalación, debe auxiliarse con planos isométricos para poder determinar los posibles cruces de tuberías, y las formas de realizarlas desde la planificación.
4. Siempre que se instale una nueva tubería o equipo, se debe cuidar de dejar espacios que no creen zonas de peligros al operador y limiten las futuras ampliaciones.
5. Identificar con rótulos o colores las tuberías para evitar confusión en el uso de las mismas; además de evitar quemaduras o accidentes con fluidos a altas temperaturas o presiones.
6. Siempre que queden mirillas o accesorios que contengan vidrios en la tubería, hay que dejarlos previstos con un equipo de protección para evitar accidentes.
7. En las instalaciones se debe evitar dejar puntos de acumulación de restos que son difíciles de limpiar, si debido a las características de las líneas de conducción o accesorios no se pueden evitar; prever accesorios de desmontaje o puntos de purga para la limpieza anterior o posterior a su uso.
8. Evitar las velocidades altas que provocan ruidos y golpes de ariete, que se deben a un indebido dimensionamiento de las tuberías, que crean condiciones peligrosas y destructivas.

CONCLUSIONES

1. El éxito en cualquier trabajo de instalación de tubería para el proceso de alimentos depende de conocer bien los siguientes factores:
Los gases, las características del equipo, el tipo de corriente que se va a utilizar y los materiales, y la seguridad personal en el manejo del equipo.
2. El conocimiento profundo de la soldadura TIG y los aceros inoxidable es primordial, pues apoya la labor de las industrias que tienen que mantener índices muy altos de control de calidad.
3. El análisis de las uniones soldadas es un factor esencial en el desempeño del profesional en la industria, puesto que puede determinar si el procedimiento de soldadura es el correcto, si el material de aporte cumple con las normas establecidas al respecto y si las condiciones son seguras.
4. Los defectos en las soldaduras se deben al desconocimiento de los diferentes procesos que se va a utilizar de acuerdo a las posiciones de trabajo.
5. Formar al personal en las mismas empresas que se dedican a la fabricación de comestibles o semejantes, en el uso del proceso de soldadura TIG, ya que esto representa el tipo de soldadura con menor riesgo de contaminación de los mismos.

RECOMENDACIONES

1. Para soldar aceros inoxidable es recomendable utilizar como gas en el proceso el 90% Argón y el 10% de hidrógeno: la máquina debe tener un preflujo de unos 3 segundos, encender la antorcha con el alta frecuencia; sólo en el arranque el electrodo se debe utilizarlo de acuerdo al grosor y amperaje recomendado, y de preferencia que sea de Tungsteno con un porcentaje de circonio; la corriente continúa con el electrodo al polo negativo afilado como punta de lápiz; siempre al terminar, se debe tener un posflujo de gas de 3 a 5 segundos.
2. Para las soldaduras de materiales blandos, se debe utilizar electrodo de tungsteno puro, argón como gas de proceso, corriente alterna con el amperaje de acuerdo con el grosor del material y la punta del electrodo redondo y el alta frecuencia que funciona en todo momento.
3. Es necesario conocer los tipos de aceros inoxidable, las tuberías, accesorios, tipos de juntas y material de aporte que existen comercialmente para lograr el éxito de las instalaciones.
4. Al realizar las pruebas no destructivas, se debe basar en el costo de las mismas, la facilidad de realización y la exactitud que se necesita; se deben realizar planos que nos indiquen el tipo de pruebas con sus características de acuerdo con la simbología normalizada, y se puedan hacer mezclas de las mismas.
5. La mejor garantía en las soldaduras es utilizar el método radiográfico, y que se puedan seleccionar las soldaduras más difíciles y analizarlas; éstas solamente son para reducir el costo del análisis.
6. Para soldar en las diferentes posiciones, se basan en la velocidad, la dirección de la soldadura, el amperaje y el gas, la limpieza y preparación de las piezas, la polaridad del electrodo correcto y así se evitan los defectos de soldadura.
7. Con el apoyo de INTECAP y otras instituciones privadas, se deben realizar cursos de capacitación y formación de soldadores, del proceso TIG, en los que se aprenda, además de la soldadura, la fabricación de accesorios que no se encuentran en el mercado, y las recomendaciones de tipos de soportes para las diferentes tuberías como los principios de montaje.
8. Tratar de usar los materiales adecuados, así como los accesorios necesarios de acuerdo con un buen plan de montaje, ya que los cambios en las tuberías ya instaladas representan gastos altos tanto de mano de obra, como de

material y tiempo que se pueden evitar con una buena planificación.

9. Tratar de evitar, en lo posible, cambios bruscos en las tuberías que puedan ocasionar en los cierres de válvulas o en los posibles retornos de productos golpes de ariete, que en estas instalaciones pueden convertirse en peligrosas y destructivas.

BIBLIOGRAFIA

- ACADEMIA HUTTE Manual del Ingeniero. 7a. Edición. España: Edit. Gustavo Gill, S.A. 1,968.
- AMERICAN WELDING SOCIETY. Welding Handbook. 36 Edición. USA: Editorial American Welding Society, 1,987.
- BEUTH, Verlag Normas DIN. 18 Edición. R.F.A: Editoral Normang Verlag, 1,982.
- CASAPRIMA, Enrique. Cálculo y construcción de Cubiertas. 3a. Edición. España: Ediciones CEAC, 1,979.
- COLLO COTT, T.C. Diccionario Científico Tecnológico. España: Editorial Omega, 1,979.
- ESPINOZA HERNANDEZ, Miguel Angel Pruebas no Destructivas para Soldadura Industrial. México: Editorial UNAM.
- FRANKLAND W, Thomas Simplified Solution of Piping. U.S.A.: Editorial Frederick Drake & Company, 1,987.
- HIDALGO, P.J. Resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables soldados. Revista de Soldadura CENIM, Año I, Vol XV. No.3. España: Editorial URPE, S.A., 1,985. 129 pp.
- JOTZ-SCHARKUS Tablas para la Industria Metalúrgica. 3a. Edición, España: Editorial Reverté, S.A., 1,979.
- MARTINEZ DE SOUSA, José Diccionario Internacional de Siglas y Acrónimos. España: Editorial Pirámide, 1,984.
- MORAN, Francisco Trazado de plantillas para Trabajos en lámina. México: Editorial Epoca. S.A., 1,978
- NONNAST, R El Proyectista de Estructuras Metálicas. 2a. Edición. España: Editorial Summa, 1,974
- PEREZ NIEVES, Rodrigo Soldaduras Especiales. R.F.A.: Editorial Messer Griesheim GmbH, 1,981

PEREZ NIEVES, Rodrigo Manual de Soldadura TIG. Guatemala:
Editorial Cervecería Nacioal, S.A., 1,994.