

2 E. No. 9



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE SOLDADURA EN TUBERIAS DE GRADO NUCLEAR



INGENIEROS PROFESIONALES EN QUIMICA

T E S I S

S U S T E N T A N T E:

ABEL GARCIA GONZALEZ

De la carrera de: Ingeniero Químico Metalúrgico

1 9 8 4



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TITULO: "PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE SOLDADURA EN TUBERIAS DE GRADO NUCLEAR"

CAPITULO I. INTRODUCCION.

CAPITULO II. SISTEMAS DE TUBERIAS.

CAPITULO III. SOLDADURA, DEFECTOS, DETECCION Y CORRECCION.

CAPITULO IV. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

1. INTRODUCCION.

2. INSPECCION VISUAL.

3. LIQUIDOS PENETRANTES.

4. PARTICULAS MAGNETICAS.

5. EXAMEN DE RADIOGRAFIA.

6. EXAMEN DE ULTRASONIDO.

CAPITULO V. CONCLUSIONES.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA.

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

1.1 GENERALIDADES.

El control de calidad en materiales metálicos en sus diferentes etapas de fabricación, manejo, embarque, ensamble, montaje y operación, ya sean herramientas, maquinaria, accesorios, equipos, partes, sistemas o componentes, son sometidos en general a pruebas de tipo destructivas y/o no destructivas, con el fin de tener una evidencia de su --confiabilidad (en el caso de control de calidad), o para asegurar su--confiabilidad (en el caso de garantía de calidad).

Las pruebas no-destructivas tienen gran aplicación mundial en campos, tales como construcción de plantas petroquímicas, naves aeroespaciales, unidades navales, plantas nucleares y en la manufactura de piezas metálicas diversas. Dichas construcciones son para usos industriales, de investigación, exploración o armamento en general.

Este estudio está enfocado directamente a soldadura y las pruebas no-destructivas aplicadas para garantizar la calidad de la soldadura entuberías que se fabrica durante la construcción de las dos centrales nucleares que generarán energía eléctrica para el consumo nacional en Laguna Verde, Estado de Veracruz.

El conjunto de pruebas no-destructivas realizadas durante la construcción del "Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde", forman parte de un programa general de garantía de calidad, cuyos criterios son aplicados desde el diseño de la planta hasta su operación y terminación del tiempo de vida que es de cuarenta años.

Con este programa basado en la teoría de "Cero Errores", se cumple --uno de los requisitos de seguridad exigido por la Comisión Nacional --de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (C.N.S.N.S.) y a nivel mundial --por la Asociación Internacional de Energía Atómica (A.I.A.E.) con sede en Viena, Austria, Comisión Federal de Electricidad es directamente responsable de la seguridad y consecuencias de este proyecto.

Los dos Reactores en etapa de construcción son de patente norteamericana del tipo "Reactor de Agua hirviendo" y fue escogido de entre los tres tipos de Reactores Comerciales de que dispone Estados Unidos para Centrales Nucleares, principalmente por la facilidad del financiamiento que proporcionó "General Electric", por medio del Banco Interamericano de Desarrollo", después de un análisis de alternativas, como facilidad de operación, tipo de combustible a utilizar, desarrollo tecnológico del País, relaciones comerciales internacionales, reservas minerales con que cuenta el País y otros.

1.2 INTRODUCCION AL CODIGO DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECANICOS (ASME).

El Código ASME (American Society of Mechanical Engineers), contiene reglas estandarizadas para la construcción segura de calderas de vapor y tanques de presión; por motivos de conveniencia, este código ha sido dividido en secciones, cada sección contiene las reglas que gobiernan una porción dada de los requerimientos para la construcción de calderas de vapor y tanques a presión. Estas secciones se entrelazan de tal forma que se da la dirección positiva para la construcción.

Lo siguiente es un resumen breve de las funciones de estas secciones.

SECCION I.- Cubre las reglas para la construcción de calderas de energía eléctrica para agua en altas temperaturas. Esta sección se aplica a la caldera y su tubería externa, incluyendo la primera junta circunferencial soldada o brida.

SECCION II.- Cubre las especificaciones de material, incluye cuestiones como análisis, calidad, pruebas, información de orden (formas, tamaños y pesos), manufacturas, reparación e identificación. Esta sección ha sido dividida en tres partes principales:

A) Es para los materiales ferrosos.

- B) Es para los materiales no ferrosos.
- C) Es para las varillas de soldadura, electrodos y materiales de relleno que correspondan a las especificaciones publicadas por AWS.

SECCION III.- Cubre las reglas para la construcción de los componentes de plantas de energía nuclear, incluye todas las fases de construcción, desarrollo, diseño y material, hasta placas de identificación y reportes. Esta sección tiene dos divisiones:

División I.- Es para los componentes metálicos.

División II.-Es para los tanques de concreto; estas divisiones son además divididas en subsecciones, que son:

- NA Requerimientos Generales.
- NB Componentes de Clase I.
- NC Componentes de Clase II.
- ND Componentes de Clase III.
- NE Componentes de Clase MG (Clase IV) (Contenedor).
- NF Componentes Soportes.
- NG Estructuras de Soporte Interno.
- NH Componentes de Alta Temperatura.

SECCION IV.- Cubre las reglas para construcción de calentadores de vapor y agua caliente, calderas de suministro de agua caliente que son directamente arrancados con aceite, gas, electricidad, carbón u otros combustibles; esta sección también especifica presiones y temperaturas.

SECCION V.- Cubre los requerimientos y métodos para la examinación no destructiva. Incluye radiografía, ultrasonido, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, corriente -

de remolino (Eddy Wrent), pruebas visuales y de fuga. Los estándares de aceptación para estos métodos y procedimientos deberán ser como lo establecen las secciones bajo las cuales están diseñadas las piezas a probar.

SECCION VI.- Cubre las reglas recomendadas para el cuidado y operación de los calentadores (Heating Boilers). Tiene requerimientos de inicio de operación (Start Up) y procedimientos de operación y mantenimiento.

SECCION VII.- Cubre las reglas para el cuidado de los calentadores (power), construidos en cumplimiento con la Sección I, cubre cuestiones tales como el manejo de generadores de vapor dentro y fuera de servicio, equipo quemador de combustible, como preparar los generadores de vapor para operación, iniciar un nuevo generador de vapor y poner un generador de vapor en servicio.

SECCION VIII.- Cubre las reglas que gobiernan a los tanques de presión. Esta presión puede ser obtenida de una fuente externa o por la aplicación de calor, cubre los requerimientos generales y específicos para varios métodos de fabricación (soldadura, remachado, forjado, etc.) y requerimientos de material no es para uso de tanques de presión que caigan dentro del alcance de otras secciones del código u otros puntos varios, como se enlistan.

SECCION IX.- Cubre las reglas para las calificaciones de soldadura (eléctrica) y soldadura fuerte (autógena).

Se refiere a la calificación de habilidad de soldados, operadores de soldadura y procedimientos. Establece el criterio básico y los requerimientos que afectan a los procedimientos y realización de soldadura. No es la intención de una nueva edición de la sección, causar chequeos extensivos de procedimientos de soldadura,

soldadores y operadores.

SECCION X.- Cubre reglas para la construcción de tanques de presión-
de fibra de vidrio plástico reforzado. Incluye requeri-
mientos para diseño, materiales, fabricación, dispositi-
vo de relevado de presión, pruebas e inspección.

SECCION XI.- Contiene las reglas para inspección en servicio de com-
ponentes de plantas de energía nuclear, da las reglas pa
ra la examinación, pruebas e inspección de los componen-
tes y sistemas de clase I, II y III, en una planta nu---
clear. La aplicación de esta sección, empieza cuando los
requerimientos de la sección III han sido satisfechos.

CAPITULO II. SISTEMA DE TUBERIAS.

2.1 DEFINICION DE TUBERIAS PARA SERVICIO DE CENTRALES NUCLEARES.

La función principal de estos sistemas, es: Primero, transportan o contienen fluido radioactivo y segundo, permiten controlar la radioactividad, así como limitar la temperatura del "Núcleo del Reactor" en caso de accidente. Este estudio está referido a los sistemas de tuberías con clase de seguridad 1, 2 y 3, de acuerdo al código de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), sección III, titulada "Componentes para Plantas Nucleares", división I, para componentes metálicos, subsecciones NB para componentes de clase 1, NC para componentes de clase 2 y ND para componentes de clase 3.

2.2 REQUISITOS GENERALES PARA LA SELECCION DE MATERIALES.

Una vez establecida la clase de seguridad de cada sistema, los materiales metálicos se ajustan a las especificaciones del Código ASME, sección II, parte A "Materiales Ferrosos", parte B "Materiales no Ferrosos" y parte C "Varillas de Soldadura, Electroodos y Materiales de Relleno".

Las especificaciones de materiales, partes A y B incluyen: Análisis, calidad, pruebas, información de orden (formas, tamaños y pesos), manufactura, reparación e identificación. Así como las especificaciones de la parte C de la sección II, incluyen: Alcance, clasificación, fabricación, aceptabilidad, composición química, pruebas mecánicas, tamaños y longitudes estándar, empaquetado, marcado, identificación, garantía, materiales para prueba, prueba radiográfica y apéndice.

Para la selección de materiales se consideran tres factores importantes:

- 1) SEGURIDAD.- Los sistemas se diseñan para evitar la exposición de las personas dentro o fuera de la planta a niveles de radiación, perjudiciales para el organismo, por lo que se aplica el concepto de redundancia y mantibarreras.

- 2) COSTO.- Una reparación en servicio es sumamente costosa por dos razones:

Primero: La dificultad para reparar en medio radioactivo.

Segundo: La pérdida de producción en una parada de la planta.

Se requiere para obtener un alto índice de uso de la planta, sistemas de alta fiabilidad.

- 3) FIABILIDAD.- Es la probabilidad del buen funcionamiento de los sistemas y se obtiene por:

- a) La selección de materiales teniendo en cuenta la corrosión (ver tabla 1).
- b) Haciendo un análisis detallado de los esfuerzos y fatigas bajo condiciones en servicio.
- c) Se toma en cuenta desde el diseño, las reglas de inspección en servicio recomendadas por la sección XI del Código ASME para componentes y sistemas de la clase 1, 2 y 3 en una planta nuclear.
- d) Se controla la fabricación de las piezas, accesorios, equipos y válvulas con procedimientos que han sido probados y aprobados por la experiencia y su efectividad (ver tabla 2).
- e) Se analizan y documentan los cambios de diseño durante la construcción, de acuerdo a las normas del ANSI-N 45.2, titulada "Dieciocho Criterios de Garantía de Calidad".
- f) Se usa un sistema de organización que separa admi--

nistrativamente los Departamentos de Control de Calidad de los de Construcción, para asegurar la severidad de criterios del personal que verifica la correcta realización de los trabajos.

- g) Se efectúan pruebas de arranque o preoperacionales.
- h) Se documenta un seguimiento de materiales en cuanto a fabricación, manejo, embarque, almacenamiento, en samble, montaje, instalación y aceptación final, -- así como las desviaciones que los afectan con el -- fin de evaluar y resolver problemas futuros.
- i) Se califica y certifica tanto al personal que efectúa los trabajos como a los materiales que se integran al sistema, como electrodos, insertos consumibles, varillas de aporte y soportes soldados directamente al tubo. Los materiales son probados mediante exámenes no destructivos y destructivos por colda, de acuerdo con los requisitos de Código ASME, - sección II, parte C "Varillas de Soldadura, Electrodos y Materiales de Relleno", sección IX, partes QW y QB "Calificación de Soldadura y Soldadura Fuerte" respectivamente. Esta sección plantea las reglas básicas para la calificación de procedimientos o técnicas específicas de soldadura y las reglas para la calificación de habilidad de soldadores y sección V que plantea las reglas básicas para la examinación-no destructiva.

2.3 CLASES DE SEGURIDAD. CATEGORIA SISMICA E IDENTIFICACION DE TUBERIAS.

- 1) Clases de seguridad.- Los sistemas se clasifican según el Código ASME, sección III, división I, subsecciones NB para clase de seguridad I, NC para la clase de seguridad 2 y ND para la clase de seguridad 3. Cada subsección está dividida en los siguientes artículos.

- 1000 Introducción.
- 2000 Materiales.
- 3000 Diseño.
- 4000 Requerimientos de fabricación e instalación.
- 5000 Examinación.
- 6000 Pruebas.
- 7000 Protección contra sobre presión.
- 8000 Placa de identificación, reportes y sellos (stamping).

Para clasificar los sistemas se analiza principalmente la probabilidad y consecuencias de falla, de modo que se consideran como sigue:

- a) Clase de Seguridad 1.- Estos sistemas conducirán fluido líquido de enfriamiento y cuya falla provocaría una condición de accidente, considerado como el caso improbable de que -- ocurra una ruptura en dos extremos de un tramo de tubería, -- lo que ocasionaría una pérdida del enfriador del Reactor, -- con la consecuente fuga de radiaciones al medio ambiente y -- evitaría el enfriado y apagado ordenado del Reactor. Los -- sistemas comprendidos dentro de este grupo, se caracterizan por estar sujetos a requisitos de control de calidad extremadamente estrictos.
- b) Clase de Seguridad 2.- Las líneas de tubería que componen -- estos sistemas, conducirán fluido líquido de enfriamiento y -- limitarían los daños cuando ocurra una falla de un sistema -- de clase de seguridad 1, proporcionando un control de reactividad. Estos sistemas se caracterizan por estar sujetos a requisitos de control de calidad ligeramente menos estrictos que para la clase 1.
- c) Clase de Seguridad 3.- Se consideran dentro de este grupo -- los sistemas a cuya falla resultaría una liberación al medio ambiente de gases radioactivos normalmente retenidos y -- una pérdida de seguridad de un sistema clase 1 o clase 2. -- Su función normal es proporcionar un control de reactividad

alternativo, enfría y controla la reactividad del combustible almacenado. Estos sistemas se caracterizan por estar sujetos a requisitos de control de calidad ligeramente menos estrictos que para la clase 2.

En general, se estiman las siguientes cantidades:

<u>Sistemas</u>	<u>Número de líneas</u>	<u>No. de soldaduras</u>
Clase 1	150	750
Clase 2	710	3,500
Clase 3	770	3,800
TOTAL:	1,630	8,050

- 2) Categoría Sísmica.- Los sistemas de tubería con clase de seguridad 1, 2 y 3, están considerados como sistemas de categoría sísmica 1. Estos sistemas se diseñan considerando que deberán de -- conservarse íntegros para permitir una parada segura del Reactor durante un sismo con magnitud de 2 a 7 en la escala de Richter y de intensidad modificada en la escala de Mercalli de I a IX.

Para fines de diseño, se consideran dos tipos de condiciones sísmicas:

- a) El paro de Seguridad Sísmica.- Se define por un espectro de respuestas correspondientes a la máxima aceleración de vibración en los cimientos de las estructuras de la planta nuclear. Si la aceleración es menor de un décimo de la aceleración de la gravedad, entonces 0.1 "g" se utiliza como base de diseño de aceleración.
- b) El terremoto Básico de Operación.- Es tal terremoto que pueda afectar el sitio de la planta durante su tiempo de vida de operación. La máxima aceleración del suelo del terremoto básico de operación, deberá ser al menos la mitad de la determinada para el paro de seguridad sísmica.
- 3) Identificación de Tuberías.- El siguiente ejemplo ilustra la for

ma en que están identificados los sistemas. Estos datos son usados y consultados para el manejo, almacenamiento, montaje, ensamble e inspección durante la fase de construcción.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3	18"	MS	100	3	53

- (1) Clase de seguridad.
- (2) Tamaño nominal de tubería o diámetro nominal expresado en pulgadas.
- (3) Acronismo del sistema:

Existen un total de 57 sistemas. A continuación se ilustran 10 ejemplos:

- (4) Número de línea: Una línea de tubería por cada isométrico.
- (5) Clasificación del tubo.
- (6) Coordenada que designa la separación de las líneas a canales o charolas para el cableado eléctrico de la planta.

MUESTREO DE ACRONISMOS

ACRONISMO	SIGNIFICADO	FLUIDO QUE CONDU- CIRAN EN SERVICIO
HPCS	(High Pressure Core Spray) Sistema de aspersión a alta presión del núcleo.	Agua
LPCS	(Low Pressure Core Spray) Sistema de aspersión de baja presión.	Agua
SLC	(Stand by Liquid Control) Sistema de reserva de control líquido.	Agua
RWCU	(Reactor Water Clean Up) Sistema de limpieza del agua del Reactor.	Agua
RCIC	(Reactor Core Insolation Cooling) Sistema de enfriamiento del núcleo del -- Reactor en aislamiento.	Agua
RHR	(Residual Heat Removal) Sistema de remoción del calor residual.	Agua
FPCC	(Fuel Pool Cooling and Clean-Up) Sistema de purificación y enfriamiento de la piscina de combustible.	Agua
MS	(Main Steam) Sistema de vapor principal.	Vapor
NSW	(Nuclear Service Water). Sistema de - servicio de agua nuclear.	Agua
RRC	(Reactor Recirculation) Sistema de - recirculación del Reactor.	Agua

2.4 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.

- 1) Con el fin de evitar las concentraciones de esfuerzos, se tienen un mínimo de boquillas, bridas y ramales.
- 2) Se sigue con la extensión necesaria, el análisis de esfuerzos - de acuerdo al grado de seguridad de la línea.
- 3) Se determina en todos los casos los esfuerzos que pueden presentarse como presión, peso vivo y muerto, reacción de apoyo, expansión térmica, desplazamiento de soportes o componentes, discontinuidades mayores y menores, sismos y vientos.
- 4) Se calcula la flexibilidad del sistema y en sistemas importantes se hacen análisis de fatiga.
- 5) De los materiales que presentan sensibilidad a agrietamiento -- por el efecto de hendidura, se evita el uso de uniones socket o uniones con placa de respaldo o bridas con soldadura exterior solamente.

2.5 DOCUMENTACION.

Debido al sistema impuesto de garantía de calidad y para obtener la certificación de que la fabricación y erección fue conforme al diseño y especificaciones, se considera que una línea de un sistema de tuberías está completa cuando:

- a) Está instalada.
- b) Se haya reunido y verificado la información sobre materiales, soldadores y documentos de control de calidad.
- c) Se hayan efectuado sobre las soldaduras los exámenes no destructivos y los resultados de éstos fueron aceptables de acuerdo a los criterios de los códigos, normas, especificaciones, etc., Ver tablas No. 3 y No. 4.
- d) Se hayan realizado las pruebas hidrostáticas con resultados - aceptables.

TABLA N° 1

PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS DE LOS MATERIALES FERROSOS UTILIZADOS PARA FABRICACION TUBERIAS

+Espesor < 13mm ≠Espesor > 13mm	ESPECIFICACION SEGUN ASME II PARTE A	A 106 Gr. B	A 106 Gr. C	A 155 Gr. Kc.F70 (A516Clad70)	A 312 Tp. 304	A 312 Tp. 304L	A 312 Tp 316	A 312 Tp 316L	A 358 TP 304 (A 240)	A 358 TP 316 (A 240)
COMPOSICION QUIMICA	% C	0.3 Max.	0.35 Max.	0.27 + 0.28 -	0.08 Max.	0.35 Max.	0.08 Max.	0.35 Max.	0.08 Max.	0.08 Max.
	% Mn	0.29 o 1.06	0.29o 1.06	0.05/1.20	2.0 Max.	2.0 Max.	2.0 Max.	2.0 Max.	2.0 Max.	2.0 Max.
	% Si	0.1 Mlx.	0.1 Mlx.	0.15/0.30	0.75 Max.	0.76 Max.	0.75 Max.	0.75 Max.	1.0 Max.	1.0 Max.
	% S	0.058 Max.	0.058 Max.	0.04 Max.	0.03 Max.	0.03 Max.	0.03 Max.	0.03 Max.	0.03 Max.	0.03 Max.
	% P	0.040 Max.	0.048 Max.	0.035 Max.	0.04 Max.	0.04 Max.	0.04 Max.	0.04 Max.	0.045 Max.	0.048 Max.
	% Ni				8.0/11.0	8.0/13.0	11.0/14.0	10.0/15.0	8.0/10.0	10.0/14.0
	% Cr.				18.0/20.0	18.0/20.0	16.0/18.0	16.0/18.0	18.0/20.0	16.0/18.0
	% Nb.						2.0/3.0	2.0/3.0		2.0/3.0
N° P y (GRUPO)		1(1)	1(2)	1(2)	6	8	8	8	8	8
ALARGAMIENTO LONGITUDINAL EN 50 mm. ESTANDAR (EN %)		22%	20%	21%	28%	28%	20%	20%	40%	40%
ALARGAMIENTO TRANSVERSAL EN 50 mm. ESTANDAR (EN %)		12%	12%		20%	20%	20%	20%		
RESISTENCIA A LA RUPTURA (lb f/ Pulg. ²)		80 000	70 000	70/85x10 ³	75 000	70 000	75 000	70 000	75 000	75 000
LIMITE ELASTICO (a 26°C) EN lb f/ Pulg. ²		35 000	40 000		30 000	25 000	30 000	25 000	30 000	30 000
MODULO DE ELASTICIDAD (a 26°C EN Kg f/mm ²)		3.96x10 ⁴	4.27x10 ⁴	3.96x10 ⁴	4.06x10 ⁴	4.06x10 ⁴	4.06x10 ⁴	4.06x10 ⁴	4.06x10 ⁴	4.06x10 ⁴
COEFICIENTE DE EXPANSION (α) (EN °C ⁻¹)		14x10 ⁻⁶	14x10 ⁻⁶	14x10 ⁻⁶	17x10 ⁻⁶	17x10 ⁻⁶	17x10 ⁻⁶	17x10 ⁻⁶	17x10 ⁻⁶	17x10 ⁻⁶

TABLA 2

VALORES DE INTENSIDAD DE ESFUERZOS PERMISIBLES PARA CALCULO DEL ESPESOR MINIMO DE TUBERIAS

CLASE 1												
ACEROS	ESPECIFICACION ASME II PARTE A	SEDENCIA RUPRTURA S DE A'S DE A		100°F	200°F	300°F	400°F	500°F	600°F	650°F	700°F	
		77°F	77°F	Td	Td	Td	Td	Td	Td	Td	Td	
Al C-SI	SA 155 Kcf70	38	70	23.3	23.1	22.5	21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	
AL-C	SA 106 Gr. B	35	60	20.8	20.0	20.0	20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	
AlC.	SA 106 Gr. C	40	70	23.3	23.3	23.3	22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	
INOXIDABLES SIN COSTURA	SA 312 304	30	75	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2		
	304L	25	70	16.7	16.7	16.7	15.8	14.8	14.0	13.7	13.5	
	316	30	75	20.0	20.0	20.0	19.3	18.0	17.0	16.7	16.3	
	316L	25	70	16.7	16.7	16.7	15.5	14.4	13.5	13.2	12.9	
INOXIDABLES CON COSTURA	SA 358 304	30	75	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4	16.2	16.0	
	316	30	75	20.0	20.0	20.0	19.3	18.0	17.0	16.7	16.3	

CLASE 2 y 3												
AL "C-SI"	SA 155 Kcf70	38	70	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	16.6	
AL "C"	SA 106 Gr. B	35	60	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.3	
	SA 106 Gr. C	40	70	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	16.6	
	SA 312 304	30	75	18.8	17.8	16.8	16.2	15.9	15.9	15.9	15.9	
INOXIDABLES SIN COSTURA	304L	25	70	15.7	15.7	15.3	14.7	14.4	14.0	13.7	13.5	
	316	30	75	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0	16.7	16.3	
	316L	25	70	15.7	15.7	15.7	15.5	14.4	13.5	13.2	12.9	
	SA 358 304	30	75	18.8	17.8	16.6	16.2	15.9	15.9	15.9	15.9	
INOXIDABLES CON COSTURA	316	30	75	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0	16.7	16.3	
ALEACIONES DE (Cu-Ni)	SB 464	40	85	21.3	21.3	21.0	20.6	20.5	20.5	20.4	20.4	
	SB 456 Gr 706	13	38	8.7	8.1	7.8	7.5	7.2	6.0			

$$t_{min} = \frac{P_d D_o}{2(S+A)}$$
 ESPESOR MINIMO DE TUBERIA (t) P_d: Presión de diseño. S: Esfuerzo permisible a T_d °F
 D_o: Diametro exterior A: Sobre espesor para corrosion

VALORES EN KILOLIBRAS SOBRE PULG., CUADRADA (K P S I)

REQUISITOS DE EXAMENES NO DESTRUCTIVOS EN TUBERIAS DURANTE LA CONSTRUCCION

TABLA # 3

ASME SECCION III	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
1) Soldadura de ranura en "V" circunferencial.	P.R. + P.M. o L.P. Incluyendo 1/2" a ambos lados de la soldadura.	P.R.	P.R. o P.M. o L.P. para diámetros > 2".
2) Soldadura de ranura en "V" longitudinal.	P.R. + P.M. o L.P., incluyendo 1/2" a ambos lados de la soldadura.	P.R.	P.R. o P.M. o L.P. para diámetros > 2".
3) Soldadura en brida de penetración completa, categoría C.	P.R. + P.M. o L.P. (P.R. o P.U. si la zona de fusión es paralela a su superficie).	Espesor > 3/16" P.R. Espesor < 3/16" P.M. o L.P. o P.R.	Para diámetros > 2" P.M. o L.P. o P.R.
4) Ramal soldado y boquilla de diámetro mayor de 4", categoría D.	P.R. + P.M. o L.P.	P.R.	Para diámetros > 2" P.M. o L.P. o P.R.
5) Ramal soldado y boquilla de diámetro menor o igual a 4", categoría D.	P.M. o L.P. si la zona de fusión es paralela a la superficie, hacer P.U.	P.M. o L.P.	Para diámetros > 2" P.M. o L.P. o P.R.
6) Soldadura de filete o socket.	P.M. o L.P.	P.M. o L.P.	- Visual, socket de diámetro > 2"). - P.M. o L.P. filete.
7) Soldadura de tubo o soporte.	P.M. o L.P.	P.M. o L.P.	Visual

NOTA: SE PRUEBAN AL 100% EN TAMAÑO EL 100% DE LAS SOLDADURAS.

ABREVIACIONES:

- P.R. = Prueba de radiografía.
P.M. = Prueba de partículas magnéticas.
L.P. = Prueba de líquidos penetrantes.
P.U. = Prueba de ultrasonido.

REQUISITOS DE EXAMENES NO DESTRUCTIVOS EN SERVICIO DE TUBERIAS

TABLA # 4

CLASE 1 (1WB ASME XI)	METODO
1) Soldadura circunferencial (incluyendo 1" de metal base a cada lado de soldadura).	Volumétrico.
2) Soldadura longitudinal: 12" a partir del cruce e incluyendo 1" de metal base a cada lado de la soldadura.	Volumétrico.
3) Soldadura de unión de ramales de diámetro mínimo >6" (incluyendo 1" y 2" por el diámetro más pequeño de metal base).	Volumétrico.
4) Soldadura de unión de ramales con diámetro mínimo menor de 6".	De superficie
5) Soldadura de tubo a soporte (incluyendo 1" de metal base a ambos extremos de la soldadura).	Volumétrico.
6) Soldadura en cuerpos de bomba y válvula.	Volumétrico.
7) Superficie de cuerpos de bomba y válvula.	Visual.
CLASE 2 (1WC ASME XI)	METODO
1) Quedan exentos de examen obligatorio los componentes de diámetro menor de 4" y componentes con presión de diseño menor de 275 lb/pulg. y temperatura de trabajo menor de 200°F.	
2) Soldadura circunferencial uniendo tubo a boquilla, --brida, bomba, válvula, tubo a tubo de diferentes espesores, tubo a té.	Volumétrico.
3) Soldadura circunferencial a menos de tres veces el --diámetro de un soporte rígido o penetración.	Volumétrico.
4) Soldadura longitudinal en un reductor, codo o té.	Volumétrico.
5) Soldadura en cuerpo de bomba y válvula.	Volumétrico.
6) Soldadura de soporte a tubo.	De superficie.
7) Soporte.	Visual.
8) Si la línea no contiene agua de enfriamiento del Reactor, sólo se examina una muestra representativa del 50% del número total.	
CLASE 3 (1WD ASME XI)	METODO
1) Estado general, corrosión, fuga, soporte de tubo mayor de 4" de diámetro.	Visual

NOTA: SE ESTABLECE UNA FRECUENCIA DE EXAMENES DE 10 AÑOS.

CAPITULO III SOLDADURA (DEFECTOS, DETECCION Y CORRECCION)

3.1 SOLDADURA.

Es el resultado de unir dos piezas de metal afines por fusión, que - puede ser con o sin aporte de otro metal, afín a ambos o cuando las - tres piezas son o dan como resultado el mismo metal.

La importancia en general de la soldadura, depende de lo imposible - y/o costoso que resulta fabricar algunas piezas metálicas por su geo - metría y/o dimensiones.

Durante la etapa de construcción de una central nuclear, es indispen - sable la calificación de procedimientos o técnicas de soldadura y -- habilidad de soldadores, así como la capacitación teórico-práctica - del personal que ejecuta el trabajo (soldadores y supervisores), lo - que permite obtener una certificación como prueba de confiabilidad - para asegurar la fabricación de soldaduras sanas.

Para tal efecto, se lleva un seguimiento de control de soldadura y - soldadores.

La soldadura en general, se conoce por métodos y procesos.

- 1) Métodos de Soldadura.- Son manuales, semiautomáticos y automáti - cos. En esta Tesis se consideran sólo los métodos manuales, que - son utilizados para efectuar la soldadura de campo.
- 2) Procesos de Soldadura.- En los métodos manuales de soldadura de - campo o en tuberías, se utilizan sólo los procesos:
 - Soldadura de Arco con Tungsteno y Gas GTAW (Gas Tungsten Arc Weld).
 - Soldadura de Arco con Metal Revestido SMAW (Shielded Metal - Arc Weld).
- 3) Diseños de Bisel de Juntas.- La forma y dimensiones de bisel en-

tuberías, depende del espesor de pared del tubo y de la categoría de seguridad de la línea.

Los tipos de bisel para conformar uniones por soldar, son tres:

- De raíz abierta.
- Con placa de respaldo.
- Con inserto consumible tipo "J" o tipo "K" (ver dibujo #1).

- 4) Calificación de Procedimiento de Soldadura y de Habilidad de -- Soldadores.- Ambos se califican de acuerdo a los requisitos -- del Código ASME, sección IX, parte Q.W., donde se establecen -- los requisitos y las variables esenciales, esenciales suplementarias y no esenciales para cada proceso de soldadura y por separado para calificación de soldadores y calificación de procedimientos de soldadura.

Se dan ocho ejemplos de procedimientos de soldadura calificados y en base a ellos se califica la habilidad de soldadores (ver - tabla # 5).

- 5) Las Variables en Soldadura.- Son aquellos parámetros que al ser cambiados afectan a las propiedades mecánicas de los trabajos - de soldadura y pueden o no requerir recalificación del procedimiento de soldadura o de la habilidad del soldador.

Variables esenciales son aquellas que al ser cambiadas requieren que el procedimiento de soldadura o el soldador sean recalificados (ver tabla # 6).

Variables esenciales suplementarias, son variables que al ser - cambiadas, afectan a las propiedades especiales que se requieren en la soldadura, tales como resistencia al impacto, dureza, estructura metalográfica, resistencia a la corrosión, - - etc.

Estas propiedades especiales son marcadas como requisito en la sección III del Código ASME y la subsección aplicable depende de la clase de seguridad de la línea en que se aplicará el procedimiento de soldadura. Un cambio en estas variables requiere la recalificación del procedimiento de soldadura o del soldador (ver tabla # 6).

Variabes no esenciales son aquellas en las que al ser cambiadas no requieren la recalificación del procedimiento o la recalificación de la habilidad del soldador (ver tabla # 6).

3.2 DEFECTOS DE SOLDADURA.

Son discontinuidades que existen en el material depositado o entre soldadura y metal base o en el metal base, que van de pequeños a grandes y que dependiendo de su tamaño, forma, orientación, ubicación y origen, serán considerados como ligeros o graves.

Estos defectos pueden ser provocados por el soldador, las máquinas de soldar, el material de aporte, el gas de protección, corrientes de aire, polvo, humedad o grasa (ver tabla # 7 y dibujo # 2).

Todo defecto una vez detectado, puede o no tener una tolerancia para ser aceptado de acuerdo a lo propuesto por el Código ASME. Todo defecto calificado como rechazable, es considerado como perjudicial a las propiedades deseables en la soldadura, por lo que todo defecto rechazable es reparado por soldadura y vuelto a probar para asegurar soldaduras sanas.

3.3 DETECCION DE DEFECTOS EN SOLDADURA DE TUBERIAS.

- 1) Detección de defectos por el interior y exterior. Por el interior y exclusivamente cuando hay acceso, se detectan por inspección visual, líquidos penetrantes o partículas magnéticas y cuando no hay acceso por radiografía o ultrasonido. Por el exterior y cuando los defectos son de tamaño suficientemente grande

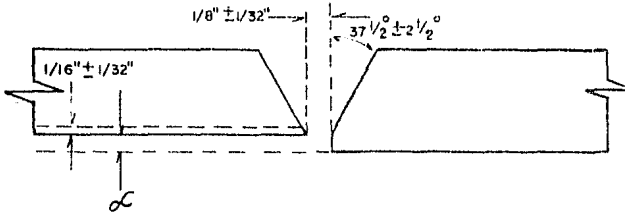
se detectan por inspección visual. Para defectos pequeños, superficiales o ligeramente subsuperficiales, se hacen pruebas de líquidos penetrantes o partículas magnéticas respectivamente.

- 2) Detección de defectos atrapados en la soldadura, se detectan -- por inspección radiográfica o por ultrasonido y cuando los defectos son ligeramente subsuperficiales, por partículas magnéticas.
- 3) Detección de defectos que atraviezan la soldadura, cuando son suficientemente grandes se detectan por inspección visual, por radiografía o por prueba de presión hidrostática o neumática.

3.4 CORRECCION DE DEFECTOS.

Los defectos detectados por cualquiera de los métodos mencionados se reparan por soldadura, de acuerdo a un procedimiento de soldadura calificado y siendo inspeccionados para aceptar la reparación por las pruebas que rechazaron el o los defectos.

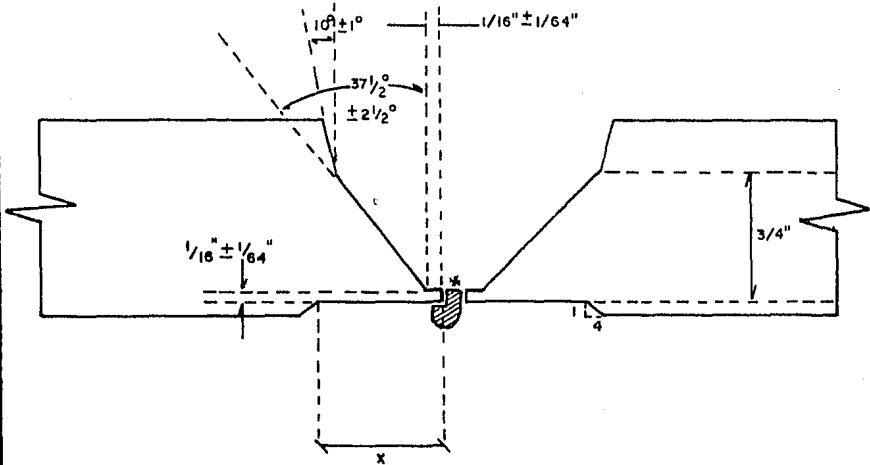
DIBUJO I



∅ Desalineamiento Máximo Permitido ($3/32''$) para tuberías ASME III Clases 1, 2 y 3

TIPO I: BISEL para Soldadura de Raíz Abierto

PRIMEROS TRES PASOS CON GTAW Y RELLENO CON SMAW



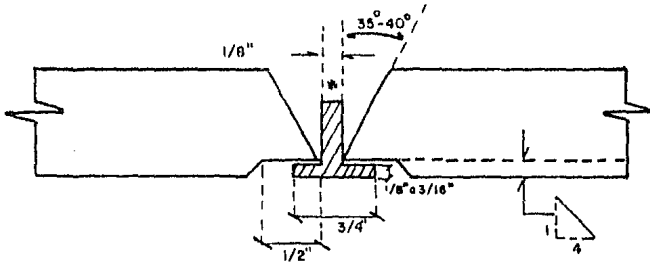
NOTA: Los cambios de dirección en el maquinado tendrán un radio mínimo de curvatura de $1/16''$

* Inserto consumible: Puede ser tipo "K" () de $1/8'' \times 5/32''$, Tipo "J" () ó Tipo "B" () de $5/32''$ de diámetro.

X=Maquinado Interior que facilita el alineamiento exacto de tuberías y es un requisito en líneas que estarán sujetas a Inspección en servicio. Para valores numéricos - ver nota.

TIPO II BISEL para Soldadura con Inserto Consumible (Primeros tres pasos GTAW y Relleno con SMAW)

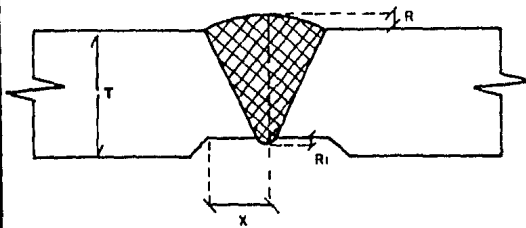
DIBUJO I



* Espaciador removable una vez logrado el acoplamiento de los tubos por unir

TIPO III BISEL para Soldadura de Ranura con respaldo
(Puede ser iniciada y terminada con GTAW o SMAW)

NOTA: Requisito de dimensiones interiores y exteriores de uniones soldadas



R = Altura de Corona en "Paso de vista" o último paso de soldadura

R_i = Altura de Penetración de "Paso de Raíz" o primer paso de Soldadura

X = Distancia del centro de la Soldadura al extremo del maquinado interior de alineamiento

ESPESOR DE TUBO	EXTERIOR (R)	INTERIOR (R _i)
$T \leq 1/8''$	$R_{max} = 3/32''$	$R_i \leq 3/32''$
$1/8'' < T \leq 3/16''$	$R \leq 1/8''$	$R_i \leq 3/32''$
$3/16'' < T \leq 1/2''$	$R \leq 5/32''$	$R_i \leq 1/8''$
$1/2'' < T \leq 1''$	$R \leq 3/16''$	$R_i \leq 5/32''$
$1'' < T \leq 2''$	$R \leq 1/4''$	$R_i \leq 5/32''$

PARA SOLDADURAS SUJETAS A INSPECCION EN SERVICIO POR ULTRASONIDO	
T	X
0.50"	3.5 T
0.750"	3.0 T
1.00"	3.0 T
1.25"	2.5 T
1.50"	2.0 T

TABLA 5

PROCEDIMIENTO	MATERIAL BASE	METALES DE RELLENO PARA SOLDAR		POSICIONES DEL BISEL CALIFICADAS		DISEÑO DEL BISEL	ESPEZ. CALIF.	GAS ARGON FLUJO EN PIES CUBICOS POR HORA (C.F.H.)	CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE PROCESO						TRATAMIENTO TERMICO	MATERIAL DE PRUEBA	PRUEBAS APLICADAS A LA SOLDADURA	
		DE P N°	ELECTRODOS	APORTE	PLANA (P) HORIZONTAL(H)				CLAVE DEL CODIGO	TIPOS	TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO	PUREZA QUIMICA	G T A W					S M A W
NUMERO	P N°	INSERTO CONSUMIBLE		VERTICAL (V) SOBRECABEZA (S)	2 G Y 5 G	I, II, o III	FLANCO EN PULG.	MINIMA DE FLUJO EN EL TORCH.	MAXIMA DE FLUJO EN LA PURGA	INTERPASEO	CONTINUA	DIRECTA	INVERTIDA	RANGO DE TEMPERATURA	TAMAÑO NOMINAL	DESTRUCTIVAS		
																	DIAMETRO DEL APORTE	POLARIDAD
1	DE P I A P I	E-7018	E-705-2 E-705-3 E-705-6		2 G Y 5 G	I	1/16"	< 3/4" 50°F	99.99% Ar	3/32"	60-125	9-12	3/32"	60-100	21-24	1 1/2"	SA-106 Gr B	TENSION DOBLEZ GUIADO
		NINGUNO		6 G				> 3/4" 250°F	NINGUNO	1/8"	60-125	9-12	1/8"	60-125	21-24			
2	DE P B A P B	E-308-15/16 E-316L-15/16	ER-308 ER-316		2 G Y 5 G	I	1/16"	50°F	99.99% Ar	3/32"	80-110	9-12	3/32"	70-100	21-25	NINGUNO	SA-182 TP-304	TENSION DOBLEZ GUIADO
		NINGUNO		6 G				15-25 CFH	1/8"	90-120	9-12	5/32"	90-160	21-25	NINGUNO			
3	DE (P I A P I) GRUPOS 1 y 2	E-7018 E-7016 E-7015	E-705-3 E-705-2		2 G Y 5 G	II	1/16"	< 1/2" 50°F	99.99% Ar	3/32"	70-105	9-12	3/32"	70-90	21-26	1 1/2"	SA-106 Gr B	TENSION DOBLEZ GUIADO
		TIPO "J" "K" E-705-2 DE 5/32" DE Ø 1/8" x 5/32"		6 G				> 1/2" 250°F	1/8"	95-110	9-12	1/8"	90-120	21-26	150°F ± 50°F			
4	DE (P B A P B) GRUPO 1	E-308-15/16 E-316L-15/16	ER-308 ER-316L		2 G Y 5 G	II	3/16"	50°F	99.99% Ar	3/32"	70-105	9-12	3/32"	70-105	21-24	NINGUNO	SA-182 TP-304	DOBLEZ GUIADO
		TIPO "J" "K" ER-308 L Ø ER-316 DE 5/32" Ø 1/8" x 5/32"		6 G				4-10 CFH	1/8"	90-110	9-12	1/8"	90-110	21-24	NINGUNO			
5	DE P B A P B	NINGUNO			2 G Y 5 G	I	1/16"	50°F	99.99% Ar	3/32"	50-80	9-12			NINGUNO	SA-312 TP-304	TENSION DOBLEZ GUIADO	
		NINGUNO		6 G				20-25 CFH	1/8"	55-115	9-12			NINGUNO				8" DE DIAMETRO
6	DE P I A P I	NINGUNO			2 G Y 5 G	I	1/16"	50°F	99.99% Ar	3/32"	70-80	9-12			NINGUNO	SA-106 Gr B	TENSION DOBLEZ GUIADO	
		NINGUNO		6 G				15-30 CFH	1/8"	85-125	9-12			NINGUNO				2" DE DIAMETRO
7	DE P I A P B	E-308-15/16	E-705-2 E-705-3 E-705-6		2 G Y 5 G	III	1/16"	50°F	99.99% Ar	3/32"	70-80	9-12			NINGUNO	SA-106 Gr B SA-312 TP-347	DOBLEZ GUIADO	
		NINGUNO		6 G				REQUIERE SOLO EN CASOS ESPECIALES	1/8"	80-125	9-12			NINGUNO				5" DE DIAMETRO
8	DE P 34 A P 34	NINGUNO			2 G Y 5 G	III	1/16"	60°F	99.99% Ar	3/32"	120-170	10-14			NINGUNO	58-466 ALEACION, 706	TENSION DOBLEZ GUIADO	
		NINGUNO		6 G				25-30 CFH	1/8"	120-300	12-15			NINGUNO				6" DE DIAMETRO

TABLA Nº 6 VARIABLES DE SOLDADURA PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS

PARRAFO	RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES		ESENCIALES SUPLEMENT.		N O ESENCIALES	
		SMAW	GTAW	SMAW	GTAW	SMAW	GTAW
J U N T A	Diseño de Ranura					X	X
	Respaldo					X	
	Cambio de espacio de Raiz					X	X
	Adición de respaldo o cambio en la Composio Quimica						X
M E T A L B A S E	Cambio de nº P para Prueba de Impacto			X	X		
	Limites de espesor calificado por Prueba de Impacto			X	X		
	Limites de espesor por (S.C.R. Arc)	X	X				
	Cambio en el espesor Calificado	X	X				
	Limites de espesor de Pasos	X	X				
	Cambio de nº P (Hay excepciones)	X	X				
	Cambio de Grupo de nº P	X	X				
M E T A L D E R E L L E N O	Cambio de tamaño						X
	Cambio de nº F	X	X				
	Cambio de Composición Quimica	X	X				
	Cambio de Diámetro					X	
	Cambio de Diámetro mayor de 1/4"			X			
	Cambio de Especificación SFA			X	X	X	X
	Adición o Eliminación de Inserto		X				
Adición o Eliminación de Relleno		X					
Cambio de Espesor Calificado	X	X					
P O S I C I O N E S	Adición de otra Posición					X	X
	Cambio de posición de la Soldadura ascendente ó descendente			X	X		
	Cambio de dirección en la posición Vertical					X	X
P R E C A L E N T O	Cambio menor de 100°F	X	X				
	Cambio de Precaletamiento					X	
	Aumento de Precaletamiento Máximo de Interposo			X	X		
T R A T A M I E N T O	Cambio del T.T.D.S.	X	X				
	Cambio del T.T.D.S. para una Temperatura y Cambio de Rango de Temperatura para Metales			X	X		
	P nº 8 adición o eliminación del T.T.D.S.	X	X				
	Limites de Espesor del T.T.D.S.	X	X				

TABLA # 6
VARIABLES DE SOLDADURA PARA CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS

PARRAFO	RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES		ESENCIALES SUPLEMENTARIAS		NO ESENCIALES	
		SMAW	GTAW	SMAW	GTAW	SMAW	GTAW
G A S	Cambio a gas simple o a gas mezcla.		X				
	Disminución de flujo de gas.						X
	Eliminación o adición de gas de respaldo.						X
	Cambio de composición o disminución del rango de flujo.		X				
	Cambio de gas de protección.		X				
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS.	Cambio de intensidad o aumento de I y E.			X	X		
	Adición o eliminación de corriente pulsada.						X
	Cambio en el tipo de I o cambio en I y el rango de E.					X	X
	Cambio de electrodo de tungsteno.						X
TECNICA	Cambio de técnica de chaflán.					X	X
	Cambio de orificio o tamaño de boquilla.						X
	Cambio del método de limpieza.					X	X
	Cambio del método de remoción de raíz.					X	X
	Cambio de oscilación.				X		X
	Cambio de un paso a más pasos por lado.				X		X
	Cambio de uno a multielectrodos.				X		X
	Cambio de atmósfera de vacío.			X			

I = Intensidad de corriente.

E = Voltaje.

VARIABLES PARA CALIFICACION DE HABILIDAD DE SOLDADORES.

TABLA # 6

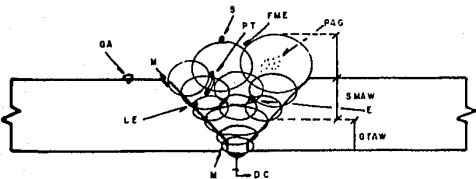
PARRAFO	RESUMEN DE VARIABLES	ESENCIALES	
		SMAW	GTAW
JUNTA	Eliminación de respaldo.	X	X
METAL BASE	Cambio del diámetro del tubo. Cambio de un # Pa otro # P.	X X	X X
METALES DE RRELLENO	Cambio de límites de # F. Límites 2 x de # F. Eliminación o adición de inserto Cambio de # F. Cambio de espesor de soldadura depositada.	X X	 X X X X
POSICION	Adición de otra posición. Cambio ascendente ó descendente en la soldadura vertical.	X X	X X
GAS	Adición ó eliminación de gas de - respaldo.		X
CARACTERISTICAS ELECTRICAS.	Cambio de corriente o polaridad.		X

TABLA Nº 7 DEFECTOS TÍPICOS EN SOLDADURA

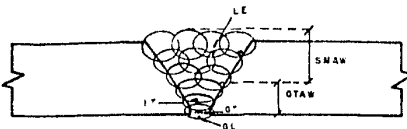
PROCEDI- MIENTO		TIPO DE BISEL	DEFECTOS POR EL INTERIOR	DEFECTOS ATRAPADOS	DEFECTOS POR EL EXTERIOR
1	GTAW/SMAW	I	CR, DA, DC, FFR, M, R, GL, GT.	E, FFB, FFC, GL, GT, IT, LE, PAG, PAI, PT.	DA, E, FFB, FFC, FME, GA, GT, LE, M, PAG, PAI, PT, S, GL.
2	GTAW/SMAW	I	CR, DA, DC, FFR, GL, GT, H, PAI, Q, R.	E, FFB, FFC, GL, GT, IT, LE, PAG, PAI, PT.	E, FFC, FME, GA, GL, GT, LE, M, PAI, PAG, PT, S.
3	GTAW/SMAW	I I	CR, DA, DC, GL, GT, ISF, IT, M, Q, R.	E, FFB, FFC, GL, GT, IT, LE, PAG, PAI, PT.	E, FFB, FFC, FME, GA, GL, GT, LE, M, PAG, PAI, PT, S.
4	GTAW/SMAW	I I	CR, DA, DC, GL, GT, ISF, IT, M, Q, R.	E, FFB, FFC, GL, GT, IT, LE, PAG, PAI, PT.	E, FFB, FFC, FME, GA, GL, GT, LE, M, PAG, PAI, PT, S.
5	GTAW	I	CR, DA, DC, FFR, GL, GT, IT, M, PAI, Q, R.	FFB, FFC, GL, GT, IT, PAG, PAI, PT.	FFB, FME, GA, GL, GT, IT, M, PAI.
6	GTAW	I	CR, DA, DC, FFR, GL, GT, IT, M, PAI, R.	FFB, FFC, GL, GT, IT, PAG, PAI, PT.	FFB, FME, GA, GL, GT, IT, M, PAI.
7	SMAW	III	DA, FFR, LE, R, RH, GL, GT.	E, FFB, FFC, GL, GT, LE, PAG, PAI, PT.	E, FFB, FFC, FME, GA, GL, GT, LE, M, PAG, PAI, PT, S.
8	GTAW	III	DA, FFR, R, RH, GL, GT, IT, R.	FFB, FFC, GL, GT, IT, PAG, PAI, PT.	FFB, FME, GA, GL, GT, IT, M, PAI.

CODIGO DE ABREVIATURAS DE DEFECTOS EN SOLDADURA

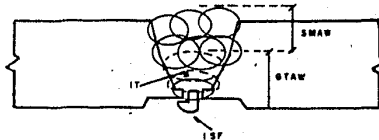
- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1.- CR = Concavidad en la Raiz | 12.- ISF = Inserto Sin Fundir |
| 2.- DA = Desalineamiento | 13.- IT = Incrustacion de Tungsteno |
| 3.- DC = Descolgadura | 14.- LE = Línea de Escoria |
| 4.- E = Escoria (de cualquier forma y orientacion) | 15.- M = Mordedura de borde |
| 5.- FFB = Falta de Fusión en Bisel | 16.- PAG = Porosidad Agrupada |
| 6.- FFC = Falta de Fusión entre Cordones | 17.- PAI = Porosidad Aislada |
| 7.- FFR = Falta de Fusión en Raiz | 18.- PT = Poro Tunel |
| 8.- FME = Falta de Metal por Exterior | 19.- Q = Quemadura |
| 9.- GA = Golpe de Arco | 20.- R = Rechupe |
| 10.- GL = Grieta Longitudinal | 21.- RH = Respaldo Abierto |
| 11.- GT = Grieta Transversal | 22.- S = Salpicadura |



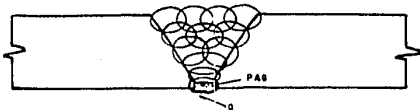
PROCEDIMIENTO N° 1 GTAW/SAW ACERO AL "C"



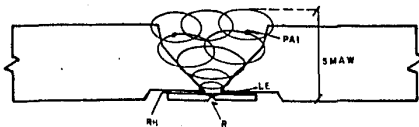
PROCEDIMIENTO N° 2 GTAW/SAW ACERO INOXIDABLE



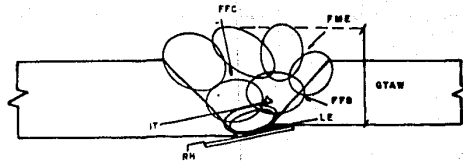
PROCEDIMIENTO N° 3 ACERO AL CARBONO



PROCEDIMIENTO N° 4 ACERO INOXIDABLE



PROCEDIMIENTO N° 7 ACERO INOXIDABLE A ACERO AL "C"



PROCEDIMIENTO N° 8 COBRE - NIQUEL

CAPITULO IV. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

1. INTRODUCCION.

Los productos complejos como una planta nucleoelectrica requieren de alta confiabilidad para asegurar un servicio satisfactorio durante un tiempo razonable, por lo que Comisi3n Federal de Electricidad demanda un producto seguro y duradero, ya que siempre se pretende un producto menos costoso, pero nunca un producto menos costoso con frecuentes fallas en servicio. Comisi3n Federal como cliente, est3 tratando con -- productos cuyo costo es del orden de millones de d3lares y la responsabilidad por la seguridad de millones de personas, por lo que la tarea de obtener el nivel deseado de confiabilidad en la construcci3n de una planta nuclear, es un gran logro.

Considerando las miles y miles de partes que involucran la construcci3n de una planta nuclear, se pueden definir las siguientes actividades principales:

- A) La ingenieria.
- B) Compra de materiales y herramientas.
- C) Planeaci3n y programaci3n.
- D) Entrenamiento de soldadores e inspectores.
- E) Calificaci3n de soldadores e inspectores.
- F) La contabilidad para un programa balanceado.
- G) Prueba y examinaci3n de materiales.
- H) Registros para futuras referencias y examinaciones en servicio.

La falla en una soldadura critica que provoque una ruptura por mala -- pr3ctica de examinaci3n, conduce a una reacci3n en cadena de fallas. Es aqu3 donde la calidad a trav3s de las pruebas no destructivas en-- tran en efecto:

- A) Las pruebas no destructivas son exactamente lo que su nombre implica:

- 1.- Métodos de probar las partes para detectar grietas o fallas sin afectar el artículo.
 - 2.- Las pruebas destructivas normalmente destruyen el artículo - que se está probando.
 - a) Estas pruebas usualmente doblan, tuercen o quiebran el artículo que se está probando y destruye su utilidad para servicio.
 - b) Las pruebas destructivas cuestan también mucho dinero y tiempo.
- B) Las pruebas no destructivas suplementan a las pruebas destructivas.
- 1.- Las pruebas no destructivas determinan la calidad de las partes sin alterar o cambiar sus cualidades físicas o utilidad.
 - 2.- Las exámenes no destructivos son de absoluta necesidad para dar toda la seguridad de que un artículo cumple la calidad requerida y funcional como se espera.
 - 3.- Las limitaciones de espacio, peso o costo, frecuentemente -- previenen el sobrediseño con factores de seguridad integrados.
 - 4.- De esta forma, la examinación no destructiva sirve como herramienta muy importante en Garantía de Calidad.

2. INSPECCION VISUAL.

INTRODUCCION:

El producto soldado debe chequearse, para saber si hay características tales como:

- Exactitud dimensional de la parte soldada (ver dibujo # 3).
- Conformidad con los requerimientos del plano (ésto involucra la-determinación de que si todas las soldaduras requeridas se han -efectuado y si las soldaduras terminadas están dentro de tamaños-y contornos.
- Aceptabilidad de soldaduras de acuerdo a su apariencia (incluyen-do cuestiones como asperezas en la superficie, salpicaduras, - -etc.).
- La presencia de orificios no llenados, hoyuelos, socavados, tras-lapes y grietas.
- Evidencia de malos manejos como golpes y/o deformaciones.
- Marcas de esmerilado excesivo.

1) APLICACION.

- a) Puede ser aplicada a la mayoría de los procesos y productos-que permitan el acceso del inspector a la superficie que ne-cesita ser inspeccionada.

2) VENTAJAS.

- a) Inspección rápida de grandes áreas.
- b) Poco equipo necesario.
- c) El equipo necesario es portátil.
- d) Puede efectuarse en la mayoría de los lugares.
- e) Poco costoso.

3) LIMITACIONES.

- a) Requiere iluminación adecuada.
- b) La sensibilidad se ve restringida por la agudeza visual del inspector.
- c) Es totalmente dependiente de la experiencia del inspector.
- d) Sensibilidad limitada a discontinuidades de superficies comparativamente grandes.

4) TEORIA Y PROCEDIMIENTOS.

- a) Medio de inspección.- La luz.
- b) Aplicación.- Mientras se efectúa la inspección visual, una luz blanca se dirige sobre la superficie inspeccionada. Hay otros métodos de examinación visual con el uso de luz polarizada, luz ultravioleta, luz infraroja, etc.
- c) Modificación.- La luz es absorbida y reflejada, dependiendo del color y textura de la pieza inspeccionada.
- d) Detección.- La luz modificada reflejada de la superficie -- inspeccionada es detectada por el ojo humano o algún otro - aparato, tal como una cámara.
- e) Indicaciones y registro.- En el caso de examinación visual-directa, la indicación es la imagen formada por el cerebro humano. Con aparatos fotográficos, la imagen es formada en película o una pantalla.
- f) Observación.- Ya sea que la pieza a inspeccionarse sea observada directamente o la película o pantalla sea examinada para descubrir indicaciones o discontinuidades.

5) LISTA DE CHEQUEO DE INSPECCION VISUAL.

<u>1.- EQUIPO.</u>	<u>ACEPTABLE</u>	<u>RECHAZABLE</u>	<u>NO ACEPTABLE</u>
a) Equipo de medición - adecuado, disponible y en condiciones de ser usado (calibrado res y otros).	_____	_____	_____
b) Equipo de medición - calibrado.	_____	_____	_____
c) Accesorios visuales- disponibles, espejos, boroscopios, lupas,- lámparas, etc.	_____	_____	_____
<u>2.- PROCESO.</u>			
a) Arreglo de junta.			
1. Material identi- ficado.	_____	_____	_____
2. Preparación de ex- tremos.	_____	_____	_____
3. Limpieza.	_____	_____	_____
4. Alineamiento.	_____	_____	_____
5. Abertura de raíz.	_____	_____	_____
6. Precalentamiento.	_____	_____	_____
b) En proceso.			
1. Material de relleno adecuado.	_____	_____	_____
2. Temperatura de in- terpaso.	_____	_____	_____
3. Remoción de esco- ria.	_____	_____	_____
c) Final.			
1. Acabado de superfi- cie (ver dibujo - # 3).	_____	_____	_____

2. Refuerzo. _____

3. Socavado. _____

4. Escoria/Porosidad/
Fisuras. _____

5. Golpes de arco. _____

d) Remoción de accesorios.

1. Acabado de super-
ficie. _____

2. Muestras/Mellas/
perforaciones. _____

3. Golpes de arco. _____

3.- REPORTES.

a) Listas de chequeo
usadas. _____

b) Reportes completos. _____

c) Reportes exactos. _____

6) PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA.

1. PROPOSITO.

a) El propósito de este procedimiento es definir los métodos usados por el personal de inspección para asegurar que la soldadura que se realiza en el sitio de construcción, está de acuerdo con el código, procedimiento, plano y especificación aplicable.

2. ALCANCE.

a) Este procedimiento deberá aplicarse a toda soldadura realizada en estructura, equipo y/o componentes relacionados con seguridad (según esté especificado por la Ingeniería del Proyecto).

3. REFERENCIAS.

- a) Manual de Garantía de Calidad del Proyecto Nuclear de Laguna Verde.
- b) Procedimiento de Fabricación e Instalación Soldada.
- c) Procedimiento de Control de Material de Relleno.
- d) Procedimiento de Calificación de Soldadores.
- e) Especificaciones de Procedimiento de Soldadura de la Firma de Ingeniería (EBASCO).
- f) Procedimiento de Reparación de Soldadura para Metales de -- Acero al Carbono y Acero Inoxidable Austenítico.
- g) Procedimiento de Reparación para Soldaduras de Acero al Carbono y Acero Inoxidable Austenítico.

4. DEFINICIONES.

- a) Porosidad.- Orificios de alfiler, bolsas de gas o defectos de tipo globular en general.
- b) Cráter.- Depresión al final de un cordón de soldadura.
- c) Socavado.- Depresión en el metal base.
- d) Traslape.- Extensión del metal de soldadura, más allá de la liga en el borde de la soldadura.
- e) Falta de penetración.- Falla del metal de soldadura en penetrar completamente y fundir en la raíz de la soldadura.
- f) Falta de fusión.- Falla en la fusión del metal de soldadura

con el metal base o entre cordones de soldadura.

- g) Zona afectada por el calor.- Es la parte del material base - que no ha sido fundido, pero cuyas propiedades han sido alteradas estructuralmente por el calor de la soldadura.
- h) Perforación por soldadura.- Fusión del metal base en el lado de la raíz por efecto de la aplicación de la soldadura.
- i) Grieta cráter.- Pequeñas grietas que resultan del retiro rápido del electrodo de soldadura, al final del cordón de soldadura.
- j) Temperatura de interpaso.- La temperatura del material base, antes de la adición de los pasos subsecuentes.
- k) Escoria.- Residuos producidos durante la soldadura con electrodos recubiertos.

5. ANEXOS.

- a) Reporte de inspección de soldadura (anexo 1).
- b) Reporte de vigilancia de soldadura (anexo 2).
- c) Registro de control de soldadura socket y filete (anexo 3).

6. PREREQUISITOS.

- a) Adoctrinamiento, entrenamiento, calificación y certificación.

7. RESPONSABILIDADES.

- a) El supervisor de soldadura de control de calidad, reportará al Ingeniero de Control de Calidad Mecánico/Soldadura y tie

ne responsabilidad de lo siguiente:

- 1.- Asegurarse que la soldadura esté de acuerdo con las especificaciones del proyecto y los requerimientos del código aplicable.
- 2.- Supervisar a los Inspectores de Control de Calidad de Soldadura.
- 3.- Revisar los reportes de inspección y/o pruebas para determinar si se requiere alguna acción correctiva.

8. PROCEDIMIENTO.

- a) El Inspector de Control de Calidad de Soldadura, deberá familiarizarse con los procedimientos de soldadura y estándares aplicables.
- b) Las inspecciones deberán desarrollarse de acuerdo con los requerimientos a este procedimiento al grado requerido por el código, procedimientos y especificación aplicable, usando herramientas y medios auxiliares adecuados para asegurar que la inspección es la correcta de acuerdo al tipo de unión que se examina.
- c) El Inspector de Control de Calidad de Soldadura, deberá inspeccionar las actividades de soldadura en los puntos siguientes:

1.- Antes del inicio de la soldadura (arreglo de la junta).

- a) Verificar que el tipo de electrodo y la identificación son los adecuados. Registrar el número de serie de la boleta de salida del material de relleno (electrodos) del almacén de soldadura, en el reporte de inspección de soldadura.

- b) Asegurarse que el soldador esté calificado en el -- procedimiento de soldadura aplicable y registrar la identificación del soldador en el reporte de inspección de soldadura.
- c) Asegurarse que los electrodos y el material de re-- lleno estén adecuadamente conservados en el campo - (p.e. en hornos portátiles).
- d) Asegurarse que el área de soldadura esté adecuada-- mente protegida de la lluvia y el viento, según sea requerido. No debe realizarse la soldadura en superficies húmedas.

2.- Preparación de la junta (inspección de la conformación).

- a) Asegurarse que la junta esté libre de pintura, aceite u otro material extraño. Asegurarse que las he-- rramientas que se emplean para la limpieza sean compatibles con el material que se va a limpiar (p.e: cepillos de acero inoxidable para material de acero inoxidable).
- b) Asegurar que el alineamiento esté de acuerdo con la sección aplicable del código (se permite un desalineamiento máximo de 1/32" a todo el rededor y 3/32" en un punto).
- c) Asegurarse que la soldadura sea purgada de acuerdo con los requerimientos del procedimiento de soldadura (si es aplicable) antes del inicio de la soldadura.
- d) Asegurarse que se instale el tipo adecuado de in-- serto, dentro de las tolerancias establecidas en el procedimiento de soldadura aplicable (si es aplicable).

- e) Asegurar que el anillo de respaldo sea el material adecuado y esté instalado dentro de las tolerancias establecidas en el procedimiento de soldadura aplicable (si es aplicable).
- f) Asegurar que la abertura de la raíz esté dentro de las tolerancias establecidas en el procedimiento de soldadura aplicable.
- g) Inspeccionar la soldadura de puntos para asegurar que estén libres de grietas u otros defectos y que los extremos hayan sido adecuadamente preparados -- por esmerilado.
- h) Asegurar tipos y relaciones de flujo adecuados de los gases de protección y purga de acuerdo con los requerimientos del procedimiento.

3.- Temperatura de precalentamiento.

- a) Asegurar que la temperatura de precalentamiento esté de acuerdo con los requerimientos del procedimiento de soldadura y que sea adecuadamente controlado por el personal que realiza el trabajo, indicando el tipo de equipo de medición usado para el control de la temperatura.

4.- Soldadura de la raíz.

- a) Asegurar que el personal que desempeña la soldadura haya verificado que la purga sea suficiente y que el gas sea del tipo adecuado (si es aplicable).
- b) Realizar la inspección del paso de raíz para asegurar que no haya falta de penetración, falta de fusión, grietas, escoria o porosidad. No deberá ser permitido el martilleo del paso de raíz.

- c) Realizar la inspección visual en la superficie interna de la raíz cuando sea posible, para buscar - concavidad o convexidad excesiva, falta de fusión, falta de penetración o quemaduras.
- d) Asegurar que la limpieza sea adecuada y que se usen las herramientas adecuadas, por ejemplo: Cepillos de acero inoxidable para material de acero inoxidable. Asegurar la eliminación de la escoria y el acondicionamiento adecuado de las áreas de inicio y finales de soldadura.

5.- Inspección en proceso.

- a) Verificar periódicamente que la temperatura de interpaso esté de acuerdo con los requerimientos del procedimiento de soldadura (debe ser realizada - - cuando menos una vez para cada soldadura bajo el - Código ASME y reportarla).
- b) Verificar periódicamente que el amperaje de la soldadura esté de acuerdo con los requerimientos del procedimiento de soldadura.
- c) Verificar periódicamente la limpieza de interpaso para asegurar la eliminación adecuada de la escoria y la preparación adecuada de los inicios y finales cuando sea necesario.
- d) Las desviaciones del procedimiento de soldadura -- descubiertas durante la inspección en proceso, deberán ser reportadas al Supervisor de Control de - Calidad para la aplicación de la disposición y acción correctiva.

6.- Inspección final.

- a) Asegurar que la soldadura esté libre de grietas superficiales, escamas, salpicaduras, escoria y porosidad.
- b) Asegurar que el refuerzo de soldadura sea de 0" a 1/8" máximo, sobre el ras del tubo.
- c) Asegurar que el material base esté libre de golpes de arco.
- d) Asegurar que la superficie de la soldadura esté libre de escamas gruesas, valles abruptos y traslapes para asegurar la interpretación adecuada de las pruebas no destructivas.
- e) Asegurar que el socavado no exceda de 1/32" de profundidad.
- f) Asegurar que cuando se unan con soldadura, materiales o partes de diferentes groesos y exista una transición, deberá ser tal que la razón entre la longitud y el defasamiento no sea menor de 3 a 1.
- g) Asegurar que el ancho del cordón de soldadura con oscilación no exceda de cuatro veces el diámetro del electrodo desnudo.

7.- Soldadura Socket.

- a) Asegurarse que la separación del socket sea de aproximadamente 1/16 de pulgada.
- b) Asegurar que se mantenga la longitud mínima de acoplamiento de acuerdo con el procedimiento de soldadura aplicable.
- c) Asegurarse que la longitud mínima de la pata para-

el socket esté de acuerdo con los planos de diseño.

8.- Limpieza final.

- a) Asegurarse que la soldadura y las áreas de soldadura sean limpiadas usando las herramientas adecuadas, incluyendo 1" a los extremos de la soldadura.
- b) Asegurarse que los golpes de arco sean eliminados y probados según sea requerido.

9.- Exámenes no-destructivos.

- a) Los exámenes no-destructivos requeridos deben de -- ser solicitados.
- b) Los resultados de las pruebas deben ser registrados en el reporte de inspección de soldadura.
- c) Cualquier repetición de pruebas requeridas debe también registrarse en el reporte de inspección de soldadura.
- d) Las reparaciones de soldadura deberán efectuarse.
- e) Las reparaciones en el metal base deberán procesarse de acuerdo con los procedimientos de soldadura - aplicables.
- f) Las violaciones a los puntos de inspección u otras partes de este procedimiento, deberán procesarse de acuerdo con el procedimiento escrito.

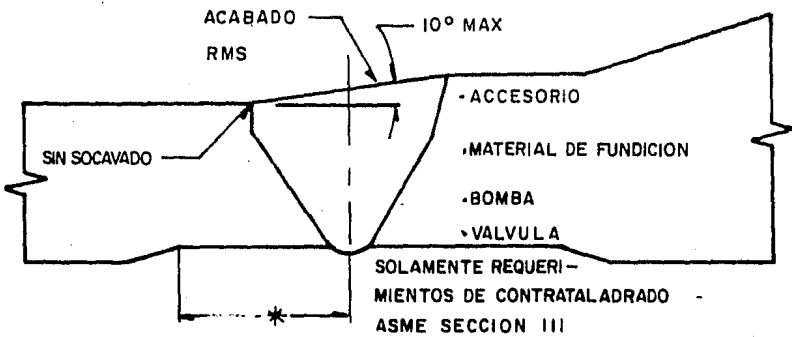
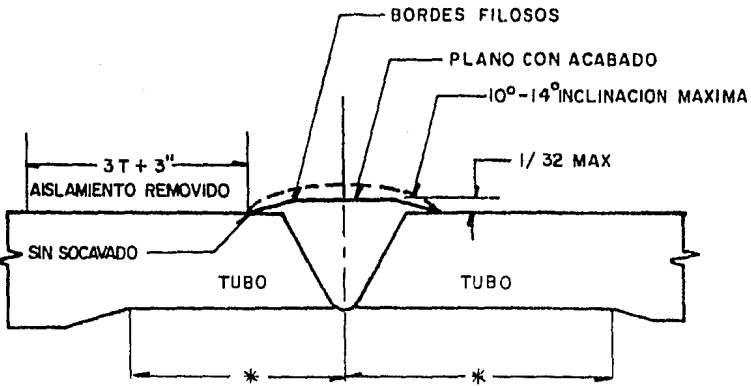
10.- Condiciones inaceptables.

- a) Las condiciones inaceptables deben anotarse en el reporte de inspección de soldadura.

b) La inspección final, después de que haya terminado la acción correctiva, deberá asegurar lo siguiente:

1. Que el esmerilado del defecto no haya reducido el 12.5% del espesor nominal del tubo.
2. Que los exámenes no destructivos hayan sido -- realizados como es requerido.
3. Si el grueso del metal base se ha reducido en más de lo permisible, asegurar que la soldadura de reparación esté de acuerdo con el procedimiento de soldadura y sea realizada por un soldador calificado.
4. Que los aditamentos y su eliminación sean correctos.
5. Que la inspección de soldadura esté documentada en los reportes para este caso, de acuerdo al código ASME o ANSI.
6. El Supervisor de Control de Calidad de Soldadura, deberá revisar los reportes de inspección de soldadura para determinar si se requiere alguna acción correctiva.

DETALLES DE SOLDADURA TERMINADA QUE ESTARA SUJETA A INSPECCION EN SERVICIO



* La longitud del Contratalladrado se hara de acuerdo al DIBUJO No. 1

DIBUJO 3

		PROGRAMA DE PUNTOS DE INSP. PARA SOLDADURAS								SISTEMA	LÍNEA	UNIDAD	
										Nº PLANO	Nº ISOMET.	EDIF.	
										TUBERIA <input type="radio"/>	SOPORTE <input type="radio"/>	Nº	
										LINER <input type="radio"/>	ESTRUCTURA <input type="radio"/>	OTROS <input type="radio"/>	HOJA DE
Nº	ACTIVIDAD	C	G	JUNTA Nº	G	JUNTA Nº	G	JUNTA Nº	G	JUNTA Nº	INSTRUMENTO	OBSERVACIONES	
1	DE PIEZA A PIEZA												
2	PREPARACION DE BORDES												
3	LIMPIEZA												
4	PRECALENTAMIENTO °C												
5	PUNTEADO												
6	ALINEAMIENTO												
7	PRECALENTAMIENTO °C												
8	PUNTEADO BLOQUES ESPACIADORES												
9	LP ELIMINACION DE BLOQUES												
10	PRECALENTAMIENTO °C												
11	RAZONES DE FLUJO Y PURGA												
12	SOLDADURA DE LA RAIZ												
13	RT RAIZ												
14	PARAMETROS ELECTRICOS												
15	TEMPERATURA INTERPASO °C.												
16	VELOCIDAD DE SOLDEO												
17	ANCHURA DEL CORDON / BALANCEO												
18	INSP. VISUAL SOLDADURA TERMINADA												
19	LP/PM SOLDADURA TERMINADA												
20	RT SOLDADURA TERMINADA												
21	TRATAMIENTO TERMICO												
	IDENTIFICACION DEL SOLDADOR										INCONFORMIDADES:		
	PROCEDIMIENTO SOLDADURA												
MATERIAL CORTES C/O	INSERTO CONSUMIBLE												
	VARILLA DESNUDA												
	ELECTRODO RECUBIERTO												
	LIQUIDOS												
	PARTICULAS												
A. N. D.	RADIOGRAFIA												
OBSERVACIONES:													
										REVISADO POR:	FECHA:		

CONTROL DE CALIDAD

REPORTE DE VIGILANCIA / INSPECCION DE SOLDADURA

HOJA 54

ANEXO 2

FECHA _____

UNIDAD N° _____

INSPECTOR _____

AREA DE TRABAJO _____

TURNO _____

P L A N O N°	JUNTA N°	IDENTIFICACION DEL SOLDADOR	PROCEDIM DE SOLDADURA	PASO INSPEC.	ACEPTADO	RECHA- ZADO	OBSERVACIONES

P - PREPARACION DE LA JUNTA
 PR- PASO DE RAIZ
 TI- TEMPERATURA DE INTERPASO

A - AMPERAJE
 PV- PASO DE VISTA
 M - MISCELANEOS

REVISADO POR _____ APROBADO POR: _____ FECHA _____

3. LIQUIDOS PENETRANTES.

1) APLICACION.

- A. Puede ser usada en la mayoría de los materiales no porosos, tales como metales, plásticos y cerámica.

2) VENTAJAS.

- A. Rápida inspección superficial de grandes áreas.
- B. Poco costosa.
- C. Sensitiva a las indicaciones de áreas pequeñas.
- D. Portátil.
- E. Las indicaciones pueden ser preservadas por fotografías y -
esquemas con referencia y medidas aproximadas.

3) LIMITACIONES.

- A. Requiere acondicionamiento de la superficie, remoción de to
da la grasa, pintura y otros materiales que podrían blo---
quear el penetrante.
- B. Sujeto a los requerimientos de cambio de temperatura.
- C. Limitada solamente a la detección de discontinuidades ex---
puestas a la superficie.
- D. No puede ser usada en materiales porosos.

4) TEORIA.

- A. Medio de inspección-liquidos penetrantes.

- B. Aplicación.- El penetrante es aplicado a la superficie a inspeccionarse.
- C. Modificación.- La acción capilar lleva al penetrante a discontinuidades que están expuestas a la superficie.
- D. Detección.- Una vez removido el penetrante de la superficie, el penetrante que permanece en las discontinuidades comienza a "sangrar" en la superficie inspeccionada. Usualmente se aplica un revelador para agilizar este proceso.
- E. Registro de indicaciones.- El líquido penetrante que "sangra" en la superficie inspeccionada, proporciona una indicación directamente sobre la discontinuidad.
- F. Observación.- La superficie de la pieza inspeccionada es examinada para ver si hay indicaciones que deben ser interpretadas de acuerdo a su causa y evaluadas de acuerdo a su efecto en la utilidad de la pieza.

5) TECNICA (VER DIBUJO # 4).

- A. Limpieza de la superficie a inspeccionarse.- Toda la pintura, aceite, polvo u otros materiales que pudieran interferir con el penetrante entrando en una discontinuidad, deben ser removidos. No deben efectuarse golpes o limpiar con chorro de arena a presión (sand blast) la superficie a examinarse, ya que estos métodos tienden a cerrar los orificios de las discontinuidades.
- B. Aplicación del penetrante.- El penetrante puede aplicarse con spray, inmersión o con brocha. El penetrante no debe secarse durante la penetración. El tiempo de permanencia es normalmente de cinco a quince minutos.
- C. Remoción de exceso de penetrante.- El método de remoción de penetrante depende del tipo de penetrante usado.

- 1.- Remoción de penetrante con solvente.- Se limpia primero con un trapo seco o con papel, luego con un trapo o papel empapado con el removedor de penetrante.
- 2.- Penetrantes lavables con agua.- El penetrante es removido aplicando spray de agua en la superficie. El Código-ASME Sección V, especifica 50 psi (1b/pulg.²) como presión y 110°F como temperatura máxima.
- 3.- Penetrante post-emulsificante.- Se aplica un emulsificador sobre el penetrante, usualmente por emersión. Sin embargo, también se permite usar spray.

El emulsificador se mezcla con la base aceitosa del penetrante y lo hace soluble al agua.

El Código ASME Sección V, permite una emulsificación máxima de cinco minutos (normalmente el tiempo de emulsificación es considerablemente menor).

Después del tiempo de emulsión, el penetrante emulsificado se lava con agua de la misma forma que los penetrantes lavables al agua.

- D. Secado.- Para los penetrantes lavables con agua y los emulsificantes, las superficies deberán ser secadas con materiales absorbentes o con aire tibio circulante. Para los penetrantes removidos con solventes, las superficies son secadas por evaporación normal por un mínimo de cinco minutos.

- E. Revelador.- Hay tres tipos de reveladores:

- 1.- Reveladores húmedos no acuosos.- Están compuestos por un polvo suspendido en un solvente volátil. Este es usado en una lata de aerosol y se rocía en la superficie a examinarse. Normalmente usado con penetrantes removibles con solvente.

2.- Revelador seco.- Están compuestos por un polvo fino, ligero y seco. Los reveladores secos pueden ser sopleteados, cepillados o la pieza a examinarse puede ser sumergida en un recipiente con el polvo.

3.- Revelador húmedo.- Es polvo suspendido en agua. Aplicado por inmersión o rocío. El revestimiento es luego secado usualmente con aire circulante.

F. Examinación.- Entre siete y treinta minutos después de que se haya aplicado el revelador, la pieza se examina por indicaciones o discontinuidades. Para penetrantes fluorescentes, la examinación se lleva a cabo en una área oscura, - usando una "luz negra" apropiadamente filtrada.

1.- La porosidad aparecerá como una indicación circular, cuyo diámetro es aproximadamente proporcional al volumen de la discontinuidad.

2.- Grietas, traslapes, etc., aparecerán como indicaciones lineales continuas.

3.- Las indicaciones no relevantes son generalmente no tan brillantes como las indicaciones relevantes y están frecuentemente asociadas con cierta aspereza de la pieza a examinarse.

G. Limpieza posterior.- Después de terminado el examen, todos los materiales penetrantes son removidos, excepto en aquellas áreas con discontinuidades rechazables.

6) LISTA DE CHEQUEO PARA REALIZAR UN EXAMEN DE LIQUIDOS PENETRANTES.

1. EQUIPO.	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
A. QUIMICOS.			
1. Tipo apropiado de materiales penetrantes.	_____	_____	_____
2. Certificaciones de materiales penetrantes.	_____	_____	_____
3. Análisis de residuos químicos para certificaciones (se controla contenido de halógenos y sulfuros).	_____	_____	_____
4. Condiciones y facilidades de almacenaje.	_____	_____	_____
B. LUCES NEGRAS.			
1. Filtros limpios y apropiados.	_____	_____	_____
2. Conexiones eléctricas en buen estado.	_____	_____	_____
3. Intensidad (mínima de 90 bujfas/pie trabajando).	_____	_____	_____
C. MEDIDORES DE LUZ.			
1. Condición.	_____	_____	_____
2. 10 por disco multiplicador.	_____	_____	_____
3. Calibración.	_____	_____	_____
D. COMPARADOR.			
1. Condición.	_____	_____	_____
2. Material apropiado.	_____	_____	_____

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
--	---------------	------------------	-----

E. LIMPIADORES.

1. Trapo.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

2. Papel.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

F. SECADORES.

1. Horno (temperatura controlada a 125°F máximo).

_____	_____	_____
-------	-------	-------

2. Aire circulante (impulsado por ventilador o a mano 125°F máximo).

_____	_____	_____
-------	-------	-------

3. Secado por aire solamente.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

2. PROCESO.

A. Procedimiento apropiado por el cliente.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

B. Procedimiento disponible al inspector.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

C. Pre-limpieza, 1" a los extremos en cualquier lado.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

D. Aplicación, se califica 1/2" a cada lado.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

E. Tiempo de permanencia.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

F. Remoción de excesos.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

G. Aplicación de revelador.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

H. Tiempo de revelado.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

I. Evaluación.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

J. Post-limpieza.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

3. CONDICION DE LOS REPORTE.

A. Completos.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

B. Exactos.

_____	_____	_____
-------	-------	-------

7) PROCEDIMIENTO.

1. OBJETO.

El presente procedimiento tiene por objeto definir el método operatorio y los criterios de aceptación para el examen de líquidos penetrantes en materiales y soldaduras de las unidades 1 y 2 del Proyecto Nucleoeléctrico de Laguna Verde.

2. REFERENCIAS.

Este procedimiento general satisface los requisitos establecidos en los siguientes documentos:

- Código ASME Sección V, Artículo 6, Edición 1974 (incluida addenda invierno 74).
- Código ASME Sección V, Artículo 6, Edición 1977.
- Código ASME Sección III, División 1, Edición 1977.
- Código ASME Sección III, División 2, Edición 1977.
- Código ASME Sección VIII, Edición 1977.
- Norma ASTM, E-165.
- Norma ANSI B31.1, Edición 1977.
- Norma A.W.S. - D-1.1, Sección 9.

3. MATERIALES A UTILIZAR.

- 3.1 Para la aplicación del presente procedimiento se utilizarán líquidos penetrantes coloreados (rojos), eliminables con disolvente.

Los líquidos a utilizar (eliminador, penetrante y revelador) serán de una de las marcas que se enumeran a continuación o cualquier otra similar, siempre y cuando provenga de suministrador aprobado y realizada la prueba de calificación del procedimiento (requerida - por ASME Sección V, Artículo 6, Párrafo T-682, utilizando la probeta descrita en el mismo artículo, párrafo T-662) no muestre variaciones respecto a los líquidos utilizados en la calificación del presente procedimiento. Los citados líquidos serán de Magnaflux Corporation o coloreados de Turco-Descalsi.

- 3.2 Para la utilización de los anteriores líquidos sobre aceros inoxidables o aleaciones en base a níquel, se exigirá que los mismos estén certificados de que el contenido residual de halógenos y azufre no sobrepasa el 1% en peso, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 de la Sección V del Código ASME.

4. ESTADO SUPERFICIAL.

La superficie a examinar, así como las áreas adyacentes en una extensión no inferior a 25 mm., deberán estar exentas - de cualquier tipo de suciedad, grasa, hilazas, escoria, salpicaduras, aceite, polvo y (en general) de cualquier materia extraña que pudiera dificultar la buena realización del examen.

5. LIMPIEZA PREVIA.

La superficie de examen deberá ser limpiada previamente, de forma que se obtenga un estado superficial como el descrito en el punto anterior.

Para la limpieza de las superficies podrá utilizarse acetona, alcohol isopropílico o eliminador del tipo descrito en-

el punto 3.1. La aplicación de los agentes limpiadores se - realizará mediante paños humedecidos, cepillos suaves y/o - spray de los mismos. Una vez realizada la limpieza previa, - se dejará secar la zona por evaporación normal el tiempo ne - cesario (cinco minutos). No estará permitida la limpieza -- previa mediante chorro de arena o cualquier otro tipo de -- proyección sólida que pudiera enmascarar posibles indicacio - nes.

Los líquidos utilizados en la limpieza deberán estar certi - ficados de exención de halógenos y azufre, en la forma esta - blecida en el punto 3.2 de este procedimiento.

6. APLICACION DEL PENETRANTE.

El penetrante se aplicará por pulverización o spray o (en - su defecto) con brocha, procurando dejar una capa uniforme - de penetrante sobre la superficie a examinar. En el caso de soldaduras, esta superficie alcanzará al cordón y material - base adyacente hasta una extensión de 25 mm. del borde de - aquél.

El tiempo de penetración oscilará entre quince y veinte mi - nutos. La temperatura de la superficie a examinar se medirá con un termómetro o mediante tiza térmica y deberá estar -- comprendida entre 16°C y 52°C. Cuando la temperatura no se - encuentre dentro de estos límites y no pueda realizarse un - calentamiento o enfriamiento local para que así suceda, se - procederá a calificar el procedimiento de acuerdo con lo in - dicado en el párrafo T-660 del artículo 6 de la Sección V - del Código ASME.

7. ELIMINACION DEL EXCESO DE PENETRANTE.

Una vez transcurrido el tiempo de penetración, se procederá a eliminar el exceso de líquido penetrante por medio de tra - pos o papel absorbente. Deberá tenerse especial cuidado en-

que no queden hilos, trozos de papel, etc., que podrían dar lugar a falsas indicaciones. El líquido penetrante restante se eliminará por medio de trapos o papel absorbente limpio/s y humedecido/s en el eliminador correspondiente, según el punto 3 de este procedimiento.

No se permite la aplicación directa del eliminador sobre la pieza, después de la aplicación del penetrante y antes de la del revelador.

Una vez realizada la eliminación, se dejará secar la superficie por un tiempo mínimo de cinco minutos.

8. APLICACION DEL REVELADOR.

El revelador se aplicará una vez realizada la eliminación del exceso de penetrante y seca la superficie.

El revelador es una suspensión de polvo blanquesino en agentes disolventes.

Preferentemente, el revelador se aplicará mediante la pulverización en spray, pero en ocasiones, donde tal método no sea aconsejable (por seguridad o dificultad en la aplicación del mismo) se podrá aplicar mediante una brocha, extendiendo una capa ligera sobre la zona a examinar, procurando que la misma quede uniformemente bañada.

Cuando se aplique el revelador mediante spray, el bote o recipiente que contiene el revelador húmedo deberá agitarse fuertemente antes de la pulverización del mismo, con el fin de asegurar que el polvo se encuentre homogéneamente disperso en el vehículo de suspensión. Se pulverizará a una distancia de la superficie de examen comprendida entre 30 y 60 centímetros, procurando depositar una capa fina y regularmente distribuida por la superficie.

9. EXAMEN.

Los verdaderos tamaños y tipos de la discontinuidad son difíciles de evaluar, si el penetrante se difunde excesivamente en el revelador. Consecuentemente, se recomienda observar la superficie durante la aplicación del revelador para detectar la naturaleza de cualquier indicación. La interpretación final se realizará después de haber permitido al penetrante un tiempo de exudación de siete a treinta minutos.

Empleando la técnica de penetrantes coloreados, el revelador forma una fina capa de color blanquecino. Las discontinuidades superficiales se detectan por la exudación del penetrante que normalmente da una señal de color rojo intenso sobre el revelador.

Si esta señal es de un color rosáceo, puede ser debido a -- una excesiva limpieza. Por el contrario, si la limpieza ha sido escasa o mal efectuada, la señal será de una tonalidad excesivamente roja, que puede dificultar la interpretación.

Para llevar a cabo una inspección cuya sensibilidad sea fiable, se requiere que el área a examinar tenga una adecuada iluminación.

10. CONDICIONES DE ILUMINACION.

Para realizar la evaluación de posibles indicaciones, es necesario que la zona de examen esté debidamente iluminada.

Tanto si la inspección se realiza a la intemperie como en el interior de algún recinto, se recomienda que la intensidad luminosa en la zona a evaluar no sea inferior a 350 luxes (32.5 bujfas-pie). Esta recomendación queda satisfecha de la siguiente forma:

a) Empleando una carta de resolución, que en esencia cons

ta de una cartulina de color gris al 18%, en la que se ha trazado una línea recta negra de anchura igual o inferior a 1/32" (0.8 mm.), que deberá ser distinguida - con nitidez del fondo gris.

- b) En el caso de emplear lámparas de mano para iluminar - localmente el área, colocando la lámpara a la distancia dada en la siguiente tabla, de acuerdo a la potencia eléctrica del foco de luz.

<u>POTENCIA DE LA LAMPARA</u> <u>EN VATIOS</u>	<u>DISTANCIA MAXIMA DE LA LAMPARA</u> <u>A LA SUPERFICIE, EN PULGS.</u>
40 VATIOS.	7.5 A 8.5 PULGADAS.
60 VATIOS.	8.5 A 11.0 PULGADAS.
75 VATIOS.	11.0 A 13.5 PULGADAS.
100 VATIOS.	13.5 A 16.0 PULGADAS.

11. EVALUACION DE INDICACIONES.

- a) Las discontinuidades mecánicas de la superficie, serán detectadas por la aparición de una señal de líquido penetrante coloreado, en contraste con el fondo -- blanquecino del revelador.

Sin embargo, pueden presentarse imperfecciones superficiales localizadas, que provienen de marcas de mecanizado, irregularidades en la superficie, defectos en el revestimiento (cladding), etc., que pueden producir indicaciones similares, pero que deberán ser consideradas como "NO RELEVANTES".

De todas formas, cualquier indicación que se considere como no relevante (pero cuyas dimensiones excedan a las permitidas en los criterios de aceptación recogidos en los respectivos procedimientos específicos), será reexaminada tras una limpieza superficial, em---

pleando medios mecánicos, de acuerdo con el apartado 4 del presente procedimiento, para comprobar la presencia (o no) de defectos.

- b) Cuando aparezcan áreas muy extensas de penetrantes sobre el revelador, que puedan enmascarar indicaciones de defectos, se considerará mal aplicado el procedimiento y se volverá a examinar la zona, aplicando correctamente el mismo.
- c) Se considerarán indicaciones relevantes a las que resulten de discontinuidades mecánicas inaceptables.
- d) Se considerarán indicaciones lineales aquéllas cuya longitud sea mayor que tres (3) veces su anchura.
- e) Se considerarán indicaciones redondeadas las de forma circular o elíptica, cuya longitud sea menor que tres (3) veces su anchura.
- f) Registro de indicaciones: El registro de indicaciones se realizará sobre un croquis del área examinada, marcando la posición, forma y dimensiones de las mismas.

12. CRITERIOS DE ACEPTACION.

Al evaluar las indicaciones se aplicarán los criterios de aceptación descritos en el procedimiento específico que se empleó en cada caso concreto de inspección.

Dichos criterios están elaborados en base a los documentos y especificaciones mencionados en el apartado 2 del presente procedimiento

13. LIMPIEZA GENERAL.

Una vez realizada la evaluación de las indicaciones y registrados los resultados, se limpiará la superficie examinada, utilizando alguno de los métodos descritos en el apartado 5.

14. REEXAMEN.

En el caso de que aparecieran indicaciones dudosas o difícilmente evaluables, producidas por agentes externos al material intrínseco a examinar (suciedad, hilachas, etc.), deberá ser repetido el examen, utilizando el mismo procedimiento a partir de una limpieza previa.

15. CALIFICACION DEL PERSONAL.

El personal operador que realice los exámenes por líquidos penetrantes según el presente procedimiento general, deberá estar calificado al menos como nivel 1, de acuerdo con el procedimiento de calificación de personal de CIAT NUCLEAR - CN-CP-1/LV, revisión aplicable, basado en las recomendaciones SNT-TC-IA de la ASNT.

La evaluación de las indicaciones y la aplicación de los criterios de aceptación en cada caso específico, serán llevados a cabo por los supervisores calificados como nivel II, por lo menos de acuerdo al procedimiento antes citado.

16. INFORME FINAL.

Los resultados de la inspección se reflejarán en un informe final, de acuerdo al formato adjunto (anexo # 4), donde se recogerá la siguiente información, como mínimo:

- Número correlativo del informe.
- Número de la requisición del examen.

- Fecha de la finalización del examen.
- Peticionario.
- Lugar donde se llevó a cabo la inspección (U-1, U-2,- Turbo 1, Turbo 2, etc.).
- Componente, pieza, línea, material, plano, isométrico aplicable, etc. (estos datos se transcribirán de la - requisición que ampara al examen).
- Procedimiento aplicado en el examen.
- Estado superficial y temperatura de la pieza.
- Tipos y marcas de los líquidos empleados.
- Tiempos de aplicación y observación de los mismos.
- Métodos de aplicación y eliminación de los líquidos.
- Certificación de los materiales utilizados.
- Código, norma, especificación o procedimiento en que se basan los criterios de aceptación.
- Descripción de las indicaciones relevantes, sus medidas y su evaluación.
- Croquis de la situación de las discontinuidades o defectos, si se presentan.
- Observaciones.
- Nombres y firmas del operador y supervisor responsables de la inspección, con sus niveles de calificación correspondientes.

DIBUJO 4

ESQUEMA DE LA ACCION Y SECUENCIA DURANTE UN EXAMEN DE LIQUIDOS PENETRANTE

1.- EL PENETRANTE ES APLICADO

El penetrante permanece en la pieza por el tiempo de impregnación requerido.
El penetrante es consumido en la discontinuidad por acción capilar.



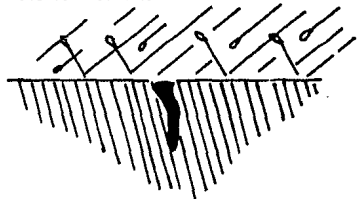
2.- EMULSIFICADOR APLICADO

El tiempo de emulsificación debe ser cuidadosamente controlado.
NOTA: Este paso solamente para los penetrantes post-emulsificantes.



3.- REMOSION DE EXCESO DE PENETRANTE

El método de remoción depende del tipo de penetrante lavable con agua o removible con solventes.



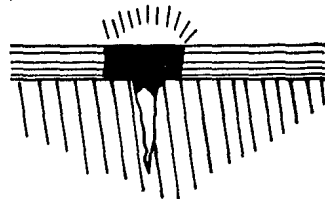
4.- REVELADOR APLICADO

Pueden usarse reveladores húmedos o no acuosos.



5.- INSPECCION.

Después del tiempo de revelado, usualmente 7 a 30 minutos se hace la inspección final.



4. PARTICULAS MAGNETICAS.

1) APLICACION.

A. Puede ser usada en todos los materiales ferro-magnéticos - (la mayoría de las aleaciones de hierro, níquel y cobalto).

2) VENTAJAS.

A. Detecta discontinuidades superficiales y algunas sub-superficiales en materiales ferro-magnéticos.

B. Las indicaciones pueden ser preservadas (en cinta scotch o en fotografías).

C. Relativamente de poco costo para efectuarse y el equipo dura mucho tiempo.

D. Nos da una rápida examinación.

E. Algunas unidades son portátiles (para tanques con explosivos se usan magnetos permanentes para evitar chispas al -- hacer contacto con electro-imanes).

3) LIMITACIONES.

A. No puede ser usada en materiales no ferro-magnéticos.

B. Requiere ciertas condiciones en la superficie del metal, - tales como remoción de polvo, grasa, pintura, humedad, etc.

C. Posibilidad de golpe de arco (contactores sin óxido en la punta).

D. Limitación en cuanto a su capacidad de detección de indicaciones en la subsuperficie (se usa corriente directa cuando los defectos que se quieren detectar sean más profundos).

- E. El campo magnético debe ser orientado (idealmente ángulos-rectos) hacia la discontinuidad. Se aplica la regla de la mano derecha. El campo magnético es perpendicular a la discontinuidad.

4) TEORIA.

- A. Medio de inspección.- Campo magnético.
- B. Aplicación.- La pieza a examinarse es magnetizada en la - dirección deseada.
- C. Modificación.- Las discontinuidades en la pieza a examinar se distorsionan el campo magnético, creando un campo magnético externo localizado llamado "campo de fuga".
- D. Detección.- Partículas finas de material ferro-magnético - (Ferrita= FeO) son atraídas y sostenidas por el "campo de - fuga" en las discontinuidades.
- E. Registro de indicaciones.- Las partículas ferro-magnéticas sostenidas por el "campo de fuga" crean una indicación visible en la pieza a examinarse directamente sobre la discontinuidad (ver dibujo # 5).
- F. Observación.- Se buscan indicaciones en la pieza a examinarse, mismas que deben ser interpretadas de acuerdo a su causa y evaluadas de acuerdo a su efecto en la utilidad de la pieza.

5) SECUENCIA DE APLICACION.

- A. La pieza a examinarse es magnetizada a una intensidad apropiada en la dirección deseada por medio de uno de los métodos siguientes:
- 1.- Método de estimulación.- Se colocan electrodos de con-

tacto en la pieza a examinarse. La fuerza magnética -- (amperaje) es determinada de acuerdo al espesor de la pieza y el espaciamento entre los estimuladores.

La dirección del campo magnético es circular y en ángulo los rectos a una línea trazada entre los dos contactos de estímulo.

- 2.- Golpe de contacto.- La pieza a examinarse es amordazada entre dos cabezas de contacto. La corriente magnética pasa a través de la pieza examinada de extremo a extremo. La cantidad de corriente magnetizada está basada en el diámetro de la pieza.

El campo magnético es circular y en ángulos rectos en dirección del flujo de corriente.

- 3.- Golpe de conductor central.- Un conductor central es colocado a través de piezas cilíndricas a examinarse y el conductor central es amordazado entre las dos cabezas de contacto, la cantidad de corriente está basada en el diámetro de la pieza a examinarse. El campo magnético es circular y en ángulos rectos en dirección -- del flujo de corriente.

- 4.- Método de culata o yugo.- Una culata permanentemente - envuelta alrededor de un núcleo o forma de "U" de hierro suave laminado, es energizada.

Un campo magnético longitudinal es establecido de una pierna de la "U" a la otra. La pieza a examinarse es colocada en contacto o entre las dos piernas de la "U".

- B. Aplicación de partículas.- Las partículas ya sea mojadas o secas son aplicadas a la pieza a examinarse magnetizada, - mientras que la corriente magnetizadora está fluyendo (mé-

todo continuo).

1.- Las partículas secas son aplicadas en un recubrimiento ligero uniforme en forma de polvo, usando un bulbo manual o una pistola aplicadora, hecna especialmente para el caso.

2.- Las partículas mojadas son suspendidas en un líquido (usualmente un aceite ligero) y son rociadas en la pieza a examinarse, ya sea con manguera o lata de aerosol.

C. La corriente magnetizadora puede ahora desconectarse.

D. Remoción de exceso de partículas.- El exceso de partículas secas se soplan con una ligera corriente de aire. El exceso de partículas mojadas simplemente se lavan.

E. Examinación.- La pieza es examinada para ver si existen indicaciones o discontinuidades para partículas fluorescentes, la examinación debe efectuarse en una área oscura, -- usando una luz negra convenientemente filtrada..

1.- Las indicaciones superficiales aparecen como una protuberancia de partículas bien definidas con un contorno redondo.

2.- Las indicaciones sub-superficiales son anchas, borrosas y ligeramente sostenidas.

3.- Las indicaciones no relevantes tienden a ser planas y con frecuencia aparecen como rasgaduras, esquinas filosas y socavado.

F. La pieza es reexaminada como se describe en "A" hasta "E", antes mencionadas con las líneas magnéticas de fuerza en ángulos rectos a la dirección original.

G. Desmagnetización.- En algunos casos, el campo magnético - que permanece en la pieza a examinarse puede interferir -- con el servicio de las partes o su operación subsecuente. Los siguientes son dos métodos para remover este campo magnético (magnetización residual):

- 1.- Para partes pequeñas.- Usar un carrete energizado con corriente alterna. Pasar la pieza a través de éste y - separado del carrete a una distancia de 3" a 5".
- 2.- Para partes grandes.- Envolver un cable alrededor de - la pieza y energizarlo con corriente directa rectificada de media onda. Poner las conexiones del cable en polaridad invertida, reducir las cantidades de corriente y reenergizar el carrete. Repetir esta operación hasta que el campo magnético en la pieza haya sido reducido - hasta un nivel aceptable.

6) LISTA DE CHEQUEO PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE PARTICULAS MAGNETICAS.

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
1. <u>EQUIPO:</u>			
A. <u>MAQUINAS.</u>			
1. Calibración	_____	_____	_____
2. Condiciones de <u>operación</u> .	_____	_____	_____
3. Condiciones de los cables.	_____	_____	_____
B. <u>CONTACTOS.</u>			
1.- Tipos apropiados (cobre o aluminio, trenzado).	_____	_____	_____
2.- Limpieza.	_____	_____	_____
C. <u>POLVO (DE PARTICULAS MAGNETICAS).</u>			
1.- Tipo correcto.	_____	_____	_____
2.- No contaminado.	_____	_____	_____
3.- Area de almacenaje.	_____	_____	_____

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
2. <u>TECNICAS DE INSPECCION DE PARTICULAS MAGNETICAS.</u>			
A. Procedimiento correcto aprobado.			
B. Procedimiento seguido por el inspector.			
C. Amperaje correcto usado.			
D. Posición de contactos (puesto en posición - antes de energizar para evitar golpes de arco).			
E. Cobertura adecuada -- (traslape).			
F. Aplicación de energía (ligera y pareja).			
G. Remoción de polvo (ligera corriente de aire).			
3. <u>CONDICION DE REPORTES.</u>			
A. Correctos.			
B. Completos.			

7) PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL EXAMEN POR PARTICULAS MAGNETICAS- EN EL PROYECTO NUCLEOELECTRICO LAGUNA VERDE.

1. OBJETO.

El presente procedimiento tiene por objeto definir el método operatorio y los criterios de aceptación, según los respectivos procedimientos específicos (adjuntos al mismo), - para el examen por partículas magnéticas en materiales y - soldaduras de las Unidades 1 y 2 del Proyecto Nucleoeléctrico de Laguna Verde.

2. REFERENCIAS.

Este procedimiento general cumple los requisitos estableci

dos en los siguientes documentos:

- Código ASME, Sección V, Artículo 7, Edición 1977.
- Norma ANSI B31.1, Edición 1977.
- Norma A.W.S. - D.1.1, Sección 9.
- Código ASME, Sección III, División 1, Edición 1977.
- Código ASME, Sección III, División 2, Edición 1977.
- Código ASME, Sección VIII, Edición 1977.
- Normas ASTM A-275 y E-109.

3. MATERIAL A UTILIZAR.

3.1 Equipos.

Para el examen por el método de electrodos se utilizará un equipo portátil calibrado (cada seis meses - como mínimo), modelo KH-15 de la firma Magnaflux (o similar), capaz de suministrar una corriente de 1500 amperios, tanto alterna como rectificada de semionda. El equipo estará provisto de amperímetro, interruptor y selector de corriente.

Los cables serán de aproximadamente cuatro metros de longitud y 108 mm². de sección y estarán provistos de electrodos de punta fina o almohadilla de cobre, según los casos.

Para el examen por el método de yugo magnético se utilizará un equipo portátil articulado de corriente alterna o continua, tipo Y-6, de la firma Magnaflux o Parker Research (o similar), debidamente calibrado.

3.2. Partículas magnéticas.

Se utilizarán partículas magnéticas por vía seca, - de la firma Magnaflux. Este tipo de partículas podrá ser sustituido por otro equivalente, de distinta suministradora aprobada.

Para la elección del color de las partículas a utilizar deberá tenerse en cuenta el color de la pieza para garantizar un contraste adecuado. Una vez finalizada la inspección, en el informe final deberán indicarse el tipo y color de las partículas.

4. ESTADO SUPERFICIAL.

La superficie a examinar, así como las áreas adyacentes en una extensión no inferior a 25 mm. deberán estar secas y exentas de cualquier tipo de suciedad, grasa, hilazas, escoria, salpicaduras, aceite, polvo y en general, de cualquier materia extraña que pudiera dificultar la buena realización del examen.

La limpieza descrita en el punto anterior se puede conseguir mediante detergentes, disolventes, chorro de arena o granalla, etc.

En el caso de que las irregularidades de la superficie produzcan falsas indicaciones, será necesaria una preparación previa a ésta por esmerilado o mecanizado.

La temperatura de la superficie a examinar será como máximo de 600°F (316°C).

5. PROCEDIMIENTO DE EXAMEN.

5.1 Los exámenes se harán mediante el método continuo. - Esto es, el campo magnético se mantendrá mientras se

aplican las partículas y se elimina el exceso de las mismas, mediante ligera corriente de aire.

Las técnicas de magnetización, según cada caso, serán las siguientes:

5.1.1 Técnica de examen por electrodos de contacto.

La magnetización se efectuará mediante electrodos portátiles en contacto con el área a examinar para evitar arcos eléctricos, la corriente de magnetización estará desconectada en el momento de la aplicación y retirada de los electrodos de la superficie. Se utilizarán preferentemente electrodos con almohadillas de cobre, salvo en aquellos casos en -- que sean precisos electrodos de puntas finas, por ejemplo: Zonas angostas.

La separación entre electrodos será como máximo de ocho pulgadas (203 mm.) y no menos de tres pulgadas (76 mm.). Siempre que sea posible se utilizará una separación de seis pulgadas (152 mm.). Las áreas de contacto de los electrodos se mantendrán limpias y cepilladas.

La corriente de magnetización será rectificada con una intensidad mínima de 90 amperes y máxima de 110 amperes por cada pulgada de separación de electrodos, en espesores inferiores a 3/4 de pulgada (19 mm.). Para espesores iguales a 3/4 de pulgada (19 mm.) o superiores, la corriente será de 100 a 125 amperes por cada pulgada de separación de electrodos.

5.1.2 Técnica de magnetización longitudinal.

La magnetización se efectuará enrollando varias vueltas de cable alrededor de la pieza a examinar.

La pieza deberá colocarse próxima a los cables de la bobina durante la inspección, especialmente si el área de la bobina es más de diez veces el área de sección de la pieza.

En el caso de partes largas que deben examinarse por tramos, la longitud a inspeccionar será de 6" (152 mm.) a cada lado de la bobina. En este caso el valor de L máximo será de 18" (dibujo # 7).

La corriente de magnetización será rectificada. La intensidad del campo a utilizar se -- calculará basándose en la longitud (L) y el diámetro(d) de la pieza, según las fórmulas siguientes:

- a) Piezas con relación L/D igual o mayor -- que 4 amperios-vuelta = $\frac{35.000}{(L/D)+2}$
- b) Piezas con una relación L/D menor que 4 y no menor que 2.

$$\text{Amperios - vuelta} = \frac{45.000}{L/D}$$

Las intensidades obtenidas dividiendo el valor del campo por el número de vueltas empleadas pueden variar en $\pm 10\%$.

Para piezas con una relación L/D menor de 2 no podrá utilizarse esta técnica de magnetización.

En caso de pieza de sección no cilíndrica, se tomará como valor D la máxima -- diagonal de dicha sección.

5.1.3 Técnica de magnetización circular por contacto directo.

La magnetización se efectuará haciendo pasar corriente de extremo a extremo de la pieza a examinar.

La corriente de magnetización será rectificada. La intensidad será de 700 a 900 amperios por pulgada de diámetro para piezas con diámetros hasta 5 pulgadas (127 mm.) de 500 a 700 amperios por pulgada de diámetro para -- piezas con diámetros comprendidos entre 5 y 10 pulgadas (127 mm. y 254 mm.) y de 300 a 500 amperios por pulgada de diámetro para -- piezas de más de 10 pulgadas (254 mm.) de -- diámetro.

Para partes de sección no cilíndricas se tomará como valor para el cómputo de la intensidad, la mayor diagonal de los planos perpendiculares a la dirección de la corriente.

5.1.4 Técnica de yugo magnético.

Este método se aplicará perfectamente para la detección de discontinuidades que afloran a la superficie.

- 5.2 La aplicación de las partículas magnéticas se efectuará de forma homogénea, espolvoreando una ligera capa sobre la superficie a examinar.

- 5.3 Cada área se examinará al menos dos veces, procurando que las líneas de flujo producidas en el segundo examen sean aproximadamente perpendiculares a las del primero. La técnica de magnetización utilizada en el segundo examen puede ser distinta a la empleada en el primero.
- 5.4 En áreas que no puedan examinarse con una sola prueba, deberá efectuarse un solape, entre pruebas sucesivas, que garantice la inspección del área al 100% con la sensibilidad requerida (figuras números 1, 2, 3 y 4 del dibujo # 6).

6. INDICADOR DE CAMPO.

Para comprobar la correcta intensidad y dirección del campo magnético, se utilizará el indicador de campo descrito en el Artículo 25 de la Norma SA-275 de la Sección V del Código ASME.

El indicador de campo se utilizará al comienzo de cada serie de exámenes, con los mismos parámetros de ensayo y -- siempre que se altere alguno de ellos.

7. EVALUACION Y REGISTRO DE LAS INDICACIONES.

- a) Las discontinuidades que afloran a la superficie (o próximas a ella) serán detectadas por la acumulación de partículas (dibujo # 5).
- b) No todas las indicaciones son necesariamente defectos, algunas discontinuidades metalúrgicas y variaciones en la permeabilidad magnética pueden producir indicaciones similares, pero que deberán ser consideradas como "NO RELEVANTES".
- c) De todas formas, cualquier indicación que se conside

re como no relevante (pero cuyas dimensiones excedan a las permitidas en los criterios de aceptación recogidos en los respectivos procedimientos específicos) será reexaminada. Puede ser necesaria una nueva preparación de la superficie, de acuerdo con el apartado 4 del presente procedimiento para comprobar la -- presencia (o no) de defectos. Después de que una indicación ha sido considerada como no relevante, no es necesario el reexamen repetitivo de indicaciones del mismo tipo.

- d) Las indicaciones no relevantes que puedan enmascarar defectos no son aceptables, debiéndose eliminar y repetir el examen de acuerdo al presente procedimiento.
- e) Se considerarán indicaciones relevantes aquéllas que resulten de discontinuidades mecánicas inaceptables.
- f) Se considerarán indicaciones lineales aquellas cuya longitud sea tres veces mayor que su anchura.
- g) Se considerarán indicaciones redondeadas las de forma circular o elíptica, cuya longitud sea menor tres veces su anchura.
- h) Registro de indicaciones.- El registro de indicaciones se efectuará sobre un croquis del área examinada, marcando la posición, forma y dimensiones de las mismas. Adicionalmente, se podrán utilizar cintas adhesivas o fotografías.

8. CRITERIOS DE ACEPTACION.

Al evaluar las indicaciones se aplicarán los criterios de aceptación descritos en el procedimiento específico que se empleó en cada caso concreto de inspección.

Dichos criterios están elaborados en base a los documentos y especificaciones mencionados en el apartado 2 del presente procedimiento.

9. CALIFICACION DEL PERSONAL.

El personal operador que efectúe los exámenes - por partículas magnéticas (según el presente procedimiento general) deberá estar calificado al menos como Nivel 1, de acuerdo con las recomendaciones de SN-TC-IA de la ASNT.

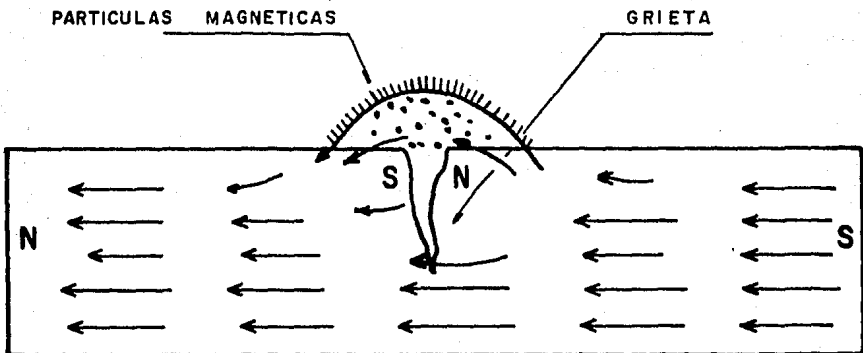
La evaluación de las indicaciones y la aplicación de los criterios de aceptación en cada caso específico, serán llevados a cabo por los supervisores calificados como Nivel II por lo menos, de acuerdo al procedimiento anteriormente citado.

10. INFORME FINAL.

Los resultados de la inspección se reflejarán - en un informe final, de acuerdo al formato adjunto (ANEXO 5).

UNIDAD		EDIFICIO		ELEVACION		SISTEMA		LINEA		Nº SOLD.	
REPORTE DE EXAMEN POR PARTICULAS MAGNETICAS								INFORME Nº _____		REQUISICION Nº _____	
								FECHA _____		CONTRATISTA _____	
ESPECIFICACION METAL BASE		CODIGO		TAMAÑO		ESPESOR		PLANO-REV / ISOM.-REV.			
CARACTERISTICAS DEL ENSAYO											
EQUIPO			NUMERO			MARCA			MODELO		
METODO DE MAGNETIZACION				TIPO DE PARTICULAS				COLOR		MARCA	
LIMPIEZA PREVIA		ESTADO SUPERFICIAL			TEMPERATURA PZA.			MEDIDA CON			
TECNICA DE MAGNETIZACION											
ELECTRODOS DE CONTACTO <input type="radio"/>		LONGITUDINAL <input type="radio"/>			CIRCULAR <input type="radio"/>			YUGO MAGNETICO <input type="radio"/>			
TIPO DE CORRIENTE		INTENSIDAD			SEPARACION			DIRECCIONES			
		Amp.			ELECTRODOS <input type="radio"/> POLOS <input type="radio"/>			mm.			
INDICADOR DE CAMPO Nº _____				CRITERIOS DE ACEPTACION - SEGUN: _____							
RESULTADOS											
DISCONTINUIDAD	DIMENSION		OBSERVACIONES						EVALUACION		
Vo. Bo.		CC/PND		EVALUADOR:				OPERADOR:			
N: _____		N: _____		N: 11				N: 1			

"CAMPO DE FUGA" ALREDEDOR DE UNA DISCONTINUIDAD



MATERIAL DE PRUEBA MAGNETIZADO

DIBUJO 5

DIBUJO 6

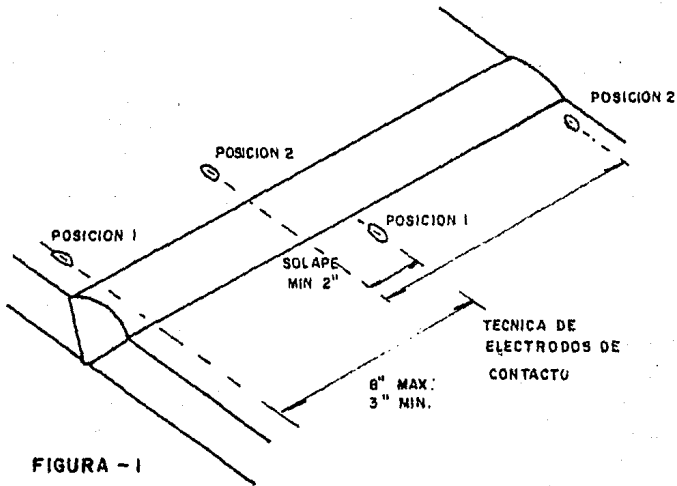


FIGURA - 1

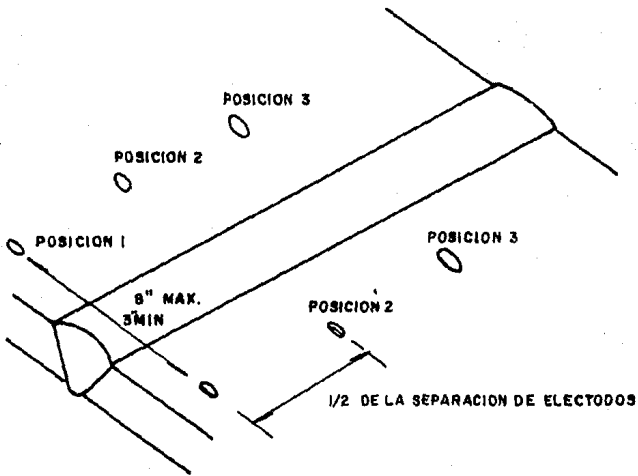


FIGURA - 2

DIBUJO 6

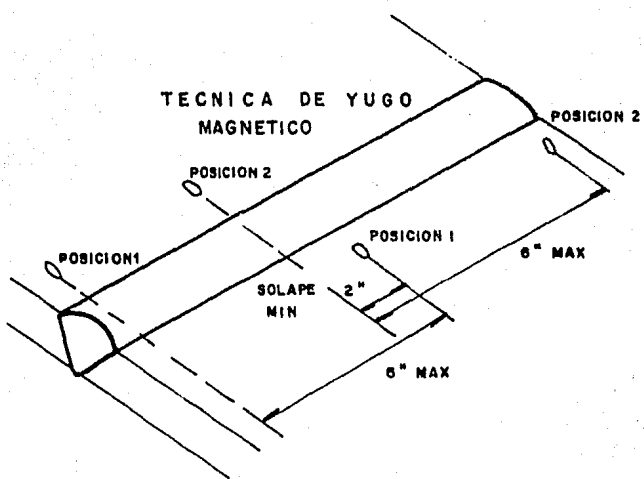


FIGURA - 3

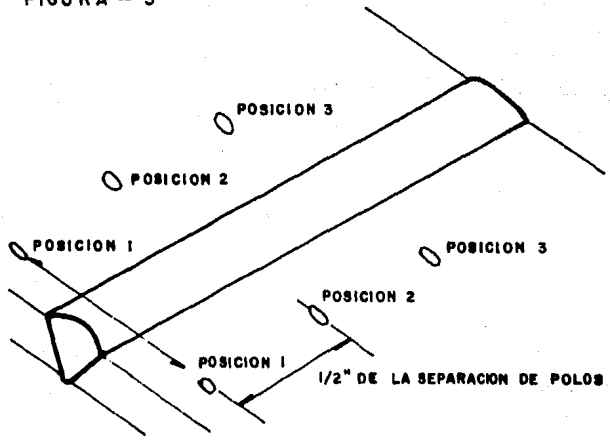
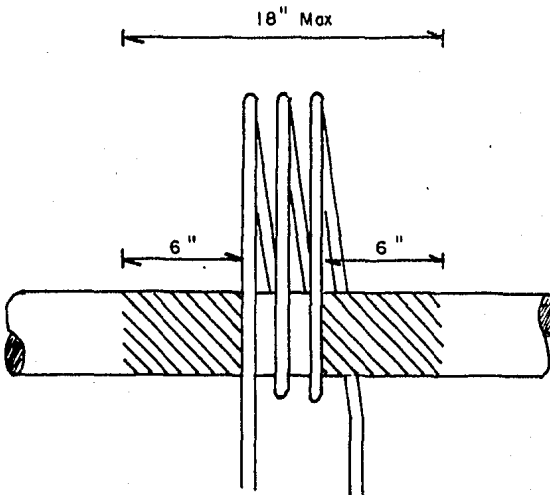


FIGURA - 4

DIBUJO 7

INSPECCION DE PARTES DE GRAN LONGITUD



5. PRUEBA DE RADIOGRAFIA.

1) APLICACION.

- A. Puede ser usada para inspeccionar la mayoría de los materiales ferrosos, no ferrosos, orgánicos e inorgánicos.

2) VENTAJAS.

- A. Puede usarse en la mayoría de los materiales.
- B. Da un registro visual permanente en películas.
- C. Revela la estructura interna de los materiales.
- D. Revela defectos de fabricación.
- E. Revela discontinuidades estructurales y errores de ensamblaje.

3) LIMITACIONES.

- A. Relativamente caro.
- B. Requiere acceso en dos lados opuestos de la pieza a examinarse.
- C. Limitada por geometría.
- D. No puede detectar la mayoría de las discontinuidades laminares.
- E. Peligros de radiación.
- F. No detecta grietas confiablemente.

4) TEORIA.

- A. Medio de inspección.- Radiación "X" o "GAMA".
- B. Aplicación.- La pieza a examinarse se expone a radiación "X" o "gama".
- C. Desarrollo.- El material a examinarse absorbe la radiación diferencialmente debido a las variaciones de espesor y densidad.

Mayor radiación pasará por las áreas delgadas o donde hayan vacíos como escoria o porosidad y menos radiación pasará a través de áreas más densas, tales como inclusiones de tungsteno o cobre en el acero.

- D. Detección.- El film radiográfico es sensible a la radiación y variaciones en la intensidad de radiación.
- E. Registro de indicaciones.- La película una vez procesada, - indica y da un registro de las variaciones en la intensidad de radiación causada por la pieza examinada.
- F. Observación.- La película es interpretada para ver si no hay indicaciones que deben ser evaluadas de acuerdo a su causa y efecto en la funcionalidad de la pieza.

5) SECUENCIA DE APLICACION.

- A. Antes de iniciar el proceso de tomar una radiografía, deben tomarse tres decisiones. Estas son como sigue:
 - 1. Fuente de radiación a ser usada.- Los factores que --- afectan a ésto son:

a) Densidad del material a examinarse.

1.- Para material de baja densidad se necesita radiación de baja energía.

2.- Para material de alta densidad se necesita radiación de mayor energía.

b) Espesor del material a examinarse (ver dibujo 8).

1.- Para material de menor espesor se necesita radiación de baja energía.

2.- Para material de mayor espesor se necesita radiación de alta energía.

c) Sensibilidad requerida.

1.- Para una baja sensibilidad se requiere radiación de alta energía.

2.- Para una alta sensibilidad se requiere radiación de baja energía.

d) Accesibilidad a la pieza a examinarse.

1.- Para una accesibilidad limitada se usan isótopos radiactivos.

2.- Para lugares fácilmente accesibles se usan máquinas de rayos X o isótopos.

2. Tipo de película a usarse.- Los factores que influyen en esto son:

a) Sensibilidad requerida.- Para aumentar la sensibilidad, usar película más baja (ver tabla 8).

b) Espesor de la pieza a examinarse.

1.- Para material de mayor espesor se usa película más rápida.

2.- Para material de menor espesor se usa película más lenta.

c) Densidad de la pieza a examinarse.

1.- Para material de alta densidad se usa película más rápida.

2.- Para material de baja densidad se usa película más lenta.

3. Distancia de la fuente a la película.- Al aumentar la distancia de la fuente a la película mejora la sensibilidad y aumenta el tiempo de exposición. La distancia mínima de la fuente a la película es gobernada por limitaciones geométricas en ASME Sección V, Párrafo T-250.

B. Una o más hojas de películas se cargan en cassette a prueba de luz.

La película es normalmente intercalada entre dos hojas de pantallas intensificadoras de plomo.

C. El cassette cargado es colocado en contacto con una de las superficies de la pieza a examinarse.

D. Un penetrómetro (seleccionado en la tabla aplicable en ASME sección V).

Los marcadores de plomo de localización e identificación -- del film son colocados en el lado opuesto (del lado de la fuente) de la pieza a examinarse.

NOTA: Donde el lado de la fuente sea inaccesible, los penetrómetros, marcadores e identificación pueden ser colocados en el lado de la película.

- E. La fuente de radiación es puesta en posición en el lugar deseado.
- F. Se evacua el personal.
- G. La fuente de radiación es prendida (para máquinas de rayos x) o expuesta (isotopos) por el tiempo requerido de exposición.

Los factores que influyen en el tiempo de exposición son:

1.- La fuente de radiación usada (nivel de energía).

- a) Una alta energía requiere menor tiempo de exposición.
- b) Una baja energía requiere mayor tiempo de exposición.

2.- Fuerza o intensidad de la fuente de radiación.

- a) Altos miliamperes producen altos curies y se requiere menor tiempo de exposición.
- b) Bajos miliamperes producen bajos curies y se requiere mayor tiempo de exposición.

3.- Espesor de la pieza a examinarse.

- a) Un material de mayor espesor requiere mayor tiempo de exposición.
- b) Un material de menor espesor requiere menor tiempo de exposición.

4.- Densidad de la pieza a examinarse.

- a) Un material de alta densidad requiere mayor tiempo de exposición.
- b) Un material de baja densidad requiere menor tiempo de exposición.

5.- Distancia de la película a la fuente.

- a) Distancia fuente.- Película; corta requiere menor tiempo de exposición.
- b) Distancia fuente.- Película; larga requiere mayor tiempo de exposición.

6.- Tipos de película usada.

- a) Película de baja velocidad requiere mayor tiempo de exposición.
- b) Película de alta velocidad requiere menor tiempo de exposición.

7.- Otros factores que afectan el tiempo de exposición son:

Números de película en el cassette, arreglo de la película con las pantallas plomizas, espesor de las pantallas y tipo de procesador de películas a ser usado.

H. Después del tiempo de exposición requerido, la fuente de radiación es asegurada y la película es procesada.

1.- Examinación.- La película radiográfica es revisada para ver si hay indicaciones o discontinuidades.

- a) Porosidad y gas aparecen como manchas oscuras, -

redondeadas o elípticas.

- b) Escoria, arena e inclusiones menos densas aparecen como manchas oscuras de forma irregular.
- c) Las inclusiones de tungsteno, cobre o más densas, aparecen como manchas claras y pueden estar redondeadas y lisas, en forma elíptica o irregulares - en cuanto a forma.
- d) La penetración incompleta aparece como una línea oscura recta, localizada en el área de la raíz de la soldadura.
- e) La fusión incompleta aparece como una línea oscura irregular con cierta anchura.
- f) Las líneas de escoria aparecen como líneas oscuras irregulares con cierta anchura (usualmente -- más oscuras que la fusión incompleta).
- g) Agrietamientos.- Aparecen como líneas oscuras delgadas, generalmente bien definidas.
- h) La contracción aparece como una maraña de líneas oscuras irregulares con cierta anchura.

6) LISTA DE CHEQUEO PARA REALIZAR UN EXAMEN DE RADIOGRAFIA.

	<u>SATISFACTORIO</u>	<u>NO SATISFACTORIO</u>	<u>N/A</u>
1. <u>EQUIPO:</u>			
A. Penetrámetros.			
1.- Certificación de la Sección V.	_____	_____	_____
2.- Condiciones de uso.	_____	_____	_____
3.- Almacenaje (para prevención de daños.	_____	_____	_____

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
4.- Suministro (adecuado para el uso en el Proyecto).	_____	_____	_____
B. CASSETES.			
1.- A prueba de luz.	_____	_____	_____
2.- Letras de plomo anexas.	_____	_____	_____
C. PANTALLAS.			
1.- Espesor apropiado.	_____	_____	_____
2.- Limpias.	_____	_____	_____
3.- Condiciones de superficie (libres de marcas, etc.).	_____	_____	_____
D. PELICULA.			
1.- Dentro de la fecha de caducidad.	_____	_____	_____
2.- Apropiadamente almacenada.	_____	_____	_____
E. PROYECTORES DE PELICULAS (NEGATOSCOPIOS).			
1.- Intensidad máxima y mínima apropiada.	_____	_____	_____
2.- Regulador de luz (operable).	_____	_____	_____
3.- Condición de pantalla (libre de marcas, etc.)	_____	_____	_____
4.- Condición general de operación.	_____	_____	_____
F. DENSITOMETROS.			
1.- Condición de operación.	_____	_____	_____
2.- Apropiadamente calibrados antes de ser usados.	_____	_____	_____
3.- Faja de densidad.			
a) Condición.	_____	_____	_____
b) Dentro de la fecha de certificación.	_____	_____	_____

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
2. REVISION DE PELICULA.			
A. IDENTIFICACION APROPIADA Y COMPLETA.			
1.-Nombre del cliente.	_____	_____	_____
2.-Ciclas del sistema.	_____	_____	_____
3.-Número de junta.	_____	_____	_____
4.-Número de soldador.	_____	_____	_____
5.-Fecha de radiografía.	_____	_____	_____
6.- Número de obra o subcon trato.	_____	_____	_____
7.-Número de reparación si se requiere.	_____	_____	_____
B. ALCANCE.			
1.-Número correcto de cinta o identificación de vis- ta.	_____	_____	_____
2.-Alineamiento en película.	_____	_____	_____
3.-Alcance.- Compatible con el indicado en los repor tes.	_____	_____	_____
4.-Area de interés libre de obstrucción innecesaria. (# de cinta, etc.).	_____	_____	_____
C. SENSIBILIDAD.			
1.-Penetrámetro correcto.	_____	_____	_____
2.-Sensibilidad indicada - apropiada.	_____	_____	_____
3.-Penetrámetro localizado apropiadamente.	_____	_____	_____
D. DENSIDAD.			
1.-Densidad apropiada en - área de interés.	_____	_____	_____
2.-Densidad dentro del 15% y 30% del área de interés y penetrámetro.	_____	_____	_____
3.-Densidad máxima.	_____	_____	_____
4.-Densidad mínima.	_____	_____	_____
5.-Variación del centro a los extremos o de áreas bajas a altas.	_____	_____	_____

SATISFACTORIO NO SATISFACTORIO N/A

E. TECNICA CALIFICADA.
(ASME Sec. III solamente).

1. Registro de calificación de técnica. _____
2. Información de técnica - completa. _____
3. Aprobada por Nivel III. _____
4. Aprobada por el cliente e inspector del código. _____

III. INTERPRETACION.

- A. ESTANDAR DE ACEPTACION APROPIADO, SEGUN LA CLASE DE SEGURIDAD. _____
- B. INDICACIONES ANOTADAS EN REPORTE. _____

7) PROCEDIMIENTO GENERAL RADIOGRAFIADO.

1. OBJETO.

El presente procedimiento general se refiere al método operatorio para la realización de radiografías en componentes de acero al carbono y aleados, clases 1, 2, 3 y soportes de esos componentes, según el Código ASME y en probetas de placas y tubería para la calificación de soldadores, según ASME IX, edición 1980, efectuadas en el Proyecto Nucleoeléctrico de Laguna Verde.

Para la aplicación de este procedimiento general, se deberán determinar los datos del examen y criterios de aceptación del procedimiento específico.

2. REFERENCIAS.

Este procedimiento cumple con los requisitos establecidos en los siguientes documentos:

- ASME Sección V, Artículo 2, Edición 1977.

- ASME Sección III, División I, Edición 1977.
- ASME Sección IX, Edición 1980.
- ANSI B31.1, Edición 1977.

3. MATERIAL A UTILIZAR.

A. Fuentes de radiación.

- 1.- Espesores menores de 3/4". - Las radiografías deberán realizarse con rayos "X" o con rayos "S", siempre que se pruebe que la calidad obtenida por este último es similar a la de rayos "X", para lo cual se hará una prueba que cumpla con lo requerido por ASME V, Artículo 2, Párrafo T-243.
- 2.- Espesores mayores de 3/4". - En espesores superiores a 3/4", se utilizará fuente de Iridio 192, debidamente certificada.

B. Películas.

Las películas a utilizar serán del tipo 1 ó 2, según --
ASTM SE-94 (ver Tabla # 8).

- 1.- Espesores menores de 3/4". - Para espesores menores de 3/4" se utilizarán películas de tamaño de grano y velocidad, similares a KODAK-M (Tipo I).

En casos especiales, tales como baja actividad de --
las fuentes, que alargan innecesariamente los ---
tiempos de exposición o por falta de existencia de -
película del tipo I, se podrá emplear película tipo-
2.

- 2.- Espesores mayores de 3/4". - Para espesores mayores de 3/4" se podrá utilizar la película mencionada en el punto 1 anterior, o una de grano y rapidez simila

res a KODAK AA (tipo 2. Ver Tabla # 8).

C. Pantallas reforzadoras y chasis.

Se utilizarán pantallas de plomo exentas de rayaduras u otras imperfecciones, de 0.005 pulgadas la anterior y -- 0.010 pulgadas la posterior. En ningún caso podrán utilizarse pantallas salinas o fluorescentes.

Los chasis porta-películas serán del tipo flexible (plástico o lona). Deberán ser de dimensiones adecuadas a las películas y permitir una buena adaptación a la configuración de la pieza o soldadura a radiografiar, cuidando -- que la distancia película-objeto sea mínima.

Deberá prestarse gran atención al buen ajuste de pantallas y películas, cuando éstas se introduzcan en los chasis, evitar que se produzcan bolsas de aire ni excesivos roces o presiones, que pueden producir descargas electrostáticas o marcas de presión.

4. ESTADO SUPERFICIAL.

El estado superficial de las soldaduras y material base adyacente será tal, que no pueda enmascarar o confundir la imagen radiográfica. En caso de que ésto suceda, deberán esmerilarse las superficies hasta alcanzar unas adecuadas condiciones para el examen radiográfico.

5. PROCESADO DE PELICULAS.

El procesado de películas deberá realizarse de acuerdo con lo establecido en el procedimiento.

6. CALIDAD DE LAS RADIOGRAFIAS.

Todas las radiografías deberán estar exentas de marcas de ca-

rácter mecánico o químico que puedan enmascarar la imagen - de cualquier discontinuidad en el área de interés de la radiografía.

Estas marcas pueden ser defectos de procesado (velo, rayas, gotas de agua u otro agente químico, marcas de uñas, huellas dactilares, suciedad, marcas por descarga de electricidad estática, etc.), pérdida de detalle debido a un contacto deficiente entre las películas y las pantallas e indicaciones falsas, debidas al mal estado de las pantallas.

7. DENSIDAD RADIOGRAFICA.

La densidad radiográfica (medida sobre la imagen del penetrómetro y en cualquier punto del área de interés) estará comprendida entre los siguientes valores:

A. Empleando la técnica de interpretación a simple película:

- Con fuente de Rayos X:
 - . Densidad mínima: 1.8.
 - . Densidad máxima: 4.
- Con fuente de Ir-192:
 - . Densidad mínima: 2.
 - . Densidad máxima: 4.

B. En los casos donde se autorice la interpretación a doble película, la densidad mínima a través de las dos películas será de 2.6, con el condicionante de que cada una de las dos películas debe tener una densidad mínima de 1.3 la máxima densidad será en todos los casos de 4.

8. RADIACION SECUNDARIA.

Como comprobación de si llega o no radiación secundaria a -

la placa radiográfica, se colocará al chasis (por su parte posterior) una letra B de plomo, de una altura mínima de -- 13 mm. y espesor no inferior a 1.6 mm. Cuando esta letra sea visible sobre la radiografía, deberá repetirse la exposición, colocando una lámina de plomo por la parte posterior del chasis, de espesor suficiente.

9. IDENTIFICACION.

Las radiografías deberán mostrar los siguientes datos:

- PNLV (U-1 ó U-2).
- Identificación del sistema, línea, componente, soldadura, procedimiento de soldadura, posición e iniciales -- del soldador (cuando aplique).
- Siglas del contratista.
- Fecha de la toma radiográfica.

Todos estos datos podrán aparecer como imagen radiográfica (empleando letras y números de plomo) o bien podrán ser impresos en la película (una vez procesada), con un marcador de tinta indeleble que proporcione una imagen permanente de los mismos.

10. IMAGEN DE LOS SECTORES RADIOGRAFICOS.

Las letras, números o marcas que delimitan los sectores radiográficos, deberán aparecer como imagen radiográfica y se colocarán sobre la pieza o componente que se vaya a radiografiar, no sobre el chasis porta películas.

11. MARCADO DE LAS-PIEZAS O COMPONENTES Y COLOCACION DE LAS MARCAS DE DEFINICION DE LOS SECTORES RADIOGRAFICOS.

Con la finalidad de definir perfectamente los sectores radiográficos, se marcará sobre la superficie del componente que se va a radiografiar, o en un plano, de modo que en -- cualquier momento se pueda localizar sobre la pieza el -- área de interés presentada en la radiografía y exista evidencia de que se ha conseguido la cobertura exigida de la región radiográfica.

Las marcas de limitación de los sectores se colocarán de la siguiente forma:

- A. Por el lado de la fuente.- Se emplearán por el lado de la fuente cuando se radiografien:
- 1.- Uniones de componentes planos o uniones longitudinales de componentes cilíndricos o cónicos
 - 2.- Uniones de componentes curvos, con la concavidad -- del lado de la fuente y cuando la distancia fuente-objeto es menor que el radio interior del componente.
 - 3.- Uniones de componentes curvos, con la convexidad -- del lado de la fuente.
- B. Por el lado de la película.- Se emplearán marcas por el lado de la película cuando se radiografien uniones de -- componentes curvos, cuya concavidad está del lado de la fuente y cuando la distancia fuente-objeto es mayor que el radio interior del componente.
- C. Por cualquiera de ambos lados.- Se podrán colocar las -- marcas por cualquiera de ambos lados:
- 1.- Cuando se radiografien uniones de componentes curvos, cuya parte cóncava está del lado de la fuente y la distancia fuente-objeto es igual al radio interior del componente.

2.- En los casos en que la radiografía muestra una cobertura que se extienda más allá de las marcas de delimitación de los sectores.

- D. Marcas de localización mediante un plano (mapeo).- Cuando por inaccesibilidad u otro tipo de limitaciones no se pueda efectuar el marcado, según lo expuesto en los puntos 11.A, 11.B y 11.C, se deberá confeccionar un -- plano con dimensiones de la disposición geométrica de la zona a radiografiar, incluyendo en el mismo los -- puntos donde se han de colocar las marcas. Este plano se adjuntará a las radiografías y se deberá demostrar que se ha obtenido una cobertura total de la zona a radiografiar.

12. REALIZACION DEL MARCADO.

- A. Radiografiado de uniones o componentes marcados con anterioridad.- Se respetarán dichas marcas y sobre ellas se colocarán los números o letras de plomo que delimiten el área de interés.
- B. Radiografiado de componentes especiales no marcados -- con anterioridad.- En el caso de radiografiar componentes especiales a los que un determinado tipo de marcado pudiera ocasionar daños, se consultará a Ingeniería para que ésta decida sobre la forma correcta de hacerlo (troquel, vibro-marcador, pintura o mediante plano).
- C. Tubería con diámetro exterior inferior a 3 1/2".- Para marcado se empleará un troquel de baja fatiga o lápiz mecánico vibrador.

Se marcarán cuatro números (0, 1, 2 y 3) o letras (A, B, C y D) que delimiten cuatro sectores iguales en la unión.

Sobre estas marcas se colocarán los números o letras

de plomo que delimiten el área de interés y que aparecerán como imagen radiográfica.

Para la colocación del origen "O (cero) o A" se seguirá en lo posible, lo descrito en los puntos siguientes.

- D. Tubería con diámetro exterior superior a 3 1/2".- Se marcará solamente el origen. Esto se llevará a cabo imprimiendo una letra con un troquel de baja fatiga o con lápiz vibrador. Estas letras serán del tipo V, Y, etc.

El vértice de la letra determinará el origen de medición y considerándola como el extremo de una flecha - determinará el sentido creciente de medición. Se empleará una cinta métrica con números de plomo cada 10 cm. y señales de plomo cada 2 cm. Se pueden presentar los siguientes casos:

- 1.- Soldaduras contenidas en un plano que no es horizontal.- Se tomará como origen el punto de máxima elevación en la posición definitiva del tubo.

El sentido de la numeración será el de las manecillas del reloj, cuando se mira en el sentido del flujo (dibujo #9, fig. A y B).

- 2.- Soldaduras contenidas en un plano horizontal en la posición definitiva del tubo.

a) Si el tubo está soldado a un codo visible -- que diste menos de cinco metros de la soldadura que se desea marcar, se tomará como origen la prolongación del máximo radio exterior del codo.

- b) Si el tubo está soldado a otro tubo o componente (o en caso de soldadura de codo con codo), se tomará como origen la prolongación de máximo radio exterior del codo superior, visible a menos de cinco metros (dibujo #9, fig. c).
- c) Si en el caso del punto b) no hay codo superior, se tomará como origen la prolongación de máximo radio del codo inferior visible a menos de cinco metros (dibujo #9, fig. d).
- d) Si no hay codo superior ni inferior visibles, se tomará como origen el punto adyacente a la unión que apunte hacia el norte. Si ésto no es posible porque lo impida cualquier obstrucción, se colocará el origen en cualquier punto adyacente a la soldadura.
- e) En soldaduras de insertos se tomará el origen en la intersección del plano de simetría del inserto paralelo al eje del tubo principal con la unión soldada (dibujo #9, fig. e).

El sentido de la numeración será el de las manecillas del reloj, mirando desde la posición del inserto hacia el tubo principal.

- E. Soldaduras longitudinales. - Se tomará el origen a 1/2" del borde exterior del cordón de soldadura circunferencial normal al cordón longitudinal en cuestión. El sentido de la numeración será el sentido del flujo, partiendo del origen (dibujo # 9, figura f).
- F. Marcado de probetas. - Para realizar el marcado en las probetas de placas y de tuberías para la calificación de soldadores, se seguirán los criterios expuestos en los puntos anteriores, salvo que no es preciso grabar

el origen ni los sectores con el troquel o lápiz vibrador. Tanto el origen como el sentido creciente de numeración se marcarán con pintura perdurable, así como -- los sectores que delimiten el área de interés (6") en las probetas de placas.

13. FACTORES GEOMETRICOS.

A. La máxima penumbra geométrica (U_g) admitida será:

Espesor de material $< 2''$ U_g 0.02" (0.508 mm.)

Espesor de material $2'' \leq e \leq 3''$ U_g 0.03" (0.76 mm.)

Espesor de material $3'' < e \leq 4''$ U_g 0.04" (1 mm.)

Espesor de material $e > 4''$ U_g 0.07" (1.77 mm.)

Cuando se radiografian soldaduras de componentes clasificados por ANSI B31.1, los requisitos anteriormente descritos se considerarán solamente como una guía, no son mandatorios. La única limitación en todos los casos es que la penumbra geométrica no exceda de 0.07 pulgadas.

Asimismo, cuando se radiografien probetas de placas o tuberías para calificación de soldadores, no se debe considerar como mandatorio este apartado, sino solamente como una guía recomendada.

B. Para determinar la distancia fuente-objeto mínima, de acuerdo con los valores máximos de penumbra geométrica (U_g) establecidos en el punto anterior, se utilizará la siguiente fórmula:

$$D = \frac{F \times e}{U_g} \text{ (mm.) donde:}$$

D= Mínima distancia fuente-objeto (mm.).

F= Dimensión máxima de la fuente (mm.).

e= Espesor (en mm.) de la soldadura u otro objeto que se vaya a radiografiar, suponiendo que la película está en contacto con la soldadura u objeto a radiografiar.

De no ser así, se considerará como el espesor de la soldadura u objeto a radiografiar más el espacio - existente entre la película y la soldadura u objeto a radiografiar.

14. INDICADORES DE CALIDAD DE IMAGEN.

- A. Sensibilidad del penetrámetro.- Todas las radiografías deberán ser realizadas con una sensibilidad capaz de - mostrar la imagen de los indicadores de calidad de ima gen (penetrámetros) y el taladro mínimo exigido, que son los requisitos esenciales de la calidad de imagen de las radiografías.
- B. Selección del tipo de penetrámetro:
- 1.- Los indicadores de calidad de imagen (penetráme-- tros), serán del tipo ASME. El espesor, tamaño y diámetros de los taladros estarán de acuerdo con lo establecido en la Tabla # 9-I (ASME V, T-262.1).
 - 2.- El taladro esencial será el especificado en la Tab la # 9-II (NB-511.1), 9-III (T-262.2) ó 9-IV - (T-272), según el caso que se aplique.
 - 3.- Excepto lo especificado en los puntos 15.B.1.b y 15.B.2, el espesor del penetrámetro estará de -

acuerdo con la Tabla 9-II (para componentes clases 1 y 2) o la Tabla 9-III (en el resto de los casos).

Para un espesor dado, se podrá seleccionar un penetrámetro menor que el indicado en las tablas, siempre que se cumplan los demás requisitos de calidad radiográfica.

Cuando se radiografien soldaduras, el espesor en el que se basa la elección del penetrámetro, será el espesor nominal de la simple pared, incrementando en el sobreespesor de refuerzo permitido -- por la sección aplicable del Código.

En el caso de soldaduras con placa o anillos de refuerzo, no se considerarán éstos como parte de la soldadura o del refuerzo y por lo tanto no serán tomados en cuenta en la selección del penetrámetro.

C. Colocación de los penetrámetros.

- 1.- En el caso de soldaduras, se colocará el penetrámetro por el lado de la fuente adyacente al cordón de soldadura.

En los casos donde sea problemática la aparición del penetrámetro en la radiografía, por ejemplo: Película estrecha u otra causa que lo dificulte, se colocará el penetrámetro sobre el cordón de soldadura fuera del área de interés.

- 2.- En el caso de radiografiar materiales distintos de soldadura, se colocará un penetrámetro por el lado de la fuente, en el área de interés.

- 3.- Cuando (por inaccesibilidad u otra causa que lo

justifique) no se puedan colocar los penetrámetros por el lado de la fuente, éstos se colocarán por el lado de la película con una letra F de tamaño similar al número de identificación del penetrámetro.

- 4.- Cuando la configuración o el tamaño de la pieza a radiografiar impida la colocación del penetrámetro sobre el objeto, se colocará en un bloque aparte, según la norma SE-142.

D. Números de penetrámetros.

- 1.- Se empleará un penetrámetro en cada radiografía, salvo en los casos recogidos en los puntos 14.D.2 y 14.D.3.

Cuando la variación de la densidad (a lo largo de la zona de interés de la radiografía) sea mayor de -15% ó + 30% de la densidad en el área del penetrámetro, se colocarán penetrámetros adicionales en las zonas en las que se presente dicha variación.

- 2.- En los casos de radiografiar elementos con gran diferencia de espesor, se emplearán dos penetrámetros. Uno que califique la zona más clara y otro que califique la zona más oscura de la radiografía. Las zonas restantes con densidades comprendidas entre ambas, se considerarán calificadas, incluso estando fuera del rango de -15% ó + 30% cualquiera de los penetrámetros.
- 3.- Cuando se utiliza uno o más chasises porta películas en una única exposición, deberá aparecer un penetrámetro en cada radiografía, excepto cuando se emplea la técnica de exposición panorámica, -

colocando la fuente en el eje del objeto a radiografiar y se obtiene la imagen completa con una sola exposición. En este caso, se emplearán al menos tres penetrámetros equidistantes uno de otro.

Cuando se radiografían varios objetos diferentes, dispuestos en forma circular, de modo que con una exposición se obtiene la radiografía de todos ellos, se deberá colocar al menos un penetrámetro en cada objeto.

- E. Galgas bajo los penetrámetros. - Para compensar los efectos de sobreespesor y/o pletina de respaldo si la hubiese, los indicadores de calidad se colocarán sobre una pletina suplementaria de acero, de espesor aproximadamente igual a la diferencia existente entre el espesor en el punto medio del cordón y el material base adyacente. Las dimensiones de las pletinas suplementarias, serán de al menos 3 mm. superiores a las del indicador, por cada lado.

15. TECNICA RADIOGRAFICA.

- A. Las radiografías se realizarán con la técnica de película doble, sin pantalla intermedia.

La interpretación se realizará a simple película. En casos especiales se podrá emplear la interpretación a doble película, contando con la aprobación del cliente. En estos casos, la densidad mínima a doble película, será de 2.6, no pudiendo ser menor de 1.3 la densidad de cada una de las películas por separado.

- B. Requisitos para el radiografiado de productos tubulares y objetos cilíndricos, cuando no hay accesibilidad por el interior de los mismos. En estos casos, se podrán emplear las siguientes técnicas radiográficas.

1.- Productos tubulares y objetos cilíndricos con -- diámetro nominal exterior superior a 3 1/2". En estos casos la interpretación radiográfica se -- realizará a simple pared. La radiación puede pa- sar por una o por las dos paredes del tubo.

En todos los casos (al tener que colocar la fuen te por el exterior) se deberá realizar un mínimo de cuatro exposiciones separadas 90°.

a) Técnica de exposición a simple pared. Inter- pretación simple pared.

Penetrámetros:

Componentes clase 1:	Tabla # 9-II.
Componentes clase 2:	Tabla # 9-II.
Componentes clase 3:	Tabla # 9-III.
Componentes clase MC:	Tabla # 9-III.
Componentes soporte clase 1:	Tabla # 9-III.
Componentes soporte clase 2:	Tabla # 9-III.
Componentes soporte clase 3:	Tabla # 9-III.
Componentes soporte clase MC:	Tabla # 9-III.
Componentes ANSI B31.1:	Tabla # 9-III.
Probetas de calificación de soldadores:	Tabla # 9-III.

Los penetrámetros deberán colocarse del lado de la fuente. En caso de inaccesibilidad u - otra causa que lo justifique, se podrá colo- car el penetrámetro del lado de la película con la letra F. Las tablas de elección del - penetrámetro lado-película, son las mismas - señaladas arriba.

b) Técnicas de exposición a doble pared. Inter- pretación simple pared.

Elección del penetrámetro: Para todo tipo de componentes, el penetrámetro se determinará mediante la Tabla 9-IV (T-272). El penetrámetro se colocará del lado de la película, con la letra F.

El espesor a considerar para la elección del penetrámetro, será el nominal de la pared sencilla, incrementado en el sobre-espesor de refuerzo, si lo tuviera.

- 2.- Productos tubulares y objetos cilíndricos -- con diámetro nominal exterior, igual o inferior a 3 1/2".

En estos casos se puede emplear la técnica de exposición a doble pared e interpretación a doble pared, utilizando la proyección elíptica de la unión. Se realizarán dos exposiciones a 0° y 90°.

La elección del penetrámetro se hará de acuerdo a la Tabla 9-IV y se colocará por el lado de la fuente (mandatorio) y otro por el lado de la película con la letra F (optativo).

16. EVALUACION DE INDICACIONES E INTERPRETACION.

A. Definiciones.

1.- Indicaciones lineales.

Son aquellas que radiográficamente muestran una longitud mayor que 3 (tres) veces su anchura.

2.- Indicaciones redondeadas.

Son aquéllas que radiográficamente muestran una longitud inferior a 3 (tres) veces su anchura. Pueden ser poros, escoria, inclusiones de tungsteno, etc. Pueden tener forma circular, elíptica, irregular y también pueden tener cola. Su densidad radiográfica puede ser variable.

- B. Las radiografías se interpretarán a simple película, salvo en los siguientes casos, en que se podrán interpretar a doble película:

En las áreas de las películas que muestren densidades menores que las mínimas exigidas en el apartado 7.A., debido a zonas de transición en cambio de espesores o a la existencia de tramos con placa de respaldo o sin ella, en el mismo sector radiográfico.

En estos casos se deberá satisfacer, no obstante lo expuesto en el apartado 7.B. de este procedimiento.

Las radiografías serán observadas para su interpretación y evaluación, mediante un negatoscopio de intensidad luminosa variable, con capacidad de enmascaramiento de la luz.

17. CRITERIOS DE ACEPTACION.

- A. Criterios de aceptación para radiografiar sobre componentes clases 1, 2, 3 y soportes de los mismos, según Código ASME y componentes ANSI B.31.1.

Se considerarán como no aceptables todas las zonas - de interés en cuya radiografía se observe cualquiera de los siguientes tipos de discontinuidades.

1.- Cualquier tipo de grieta, falta de fusión o falta de penetración.

2.- Cualquier otra indicación alargada, cuya longitud sea superior a:

- $1/4''$ (6 mm.) para espesores $e \leq 3/4''$ (19 mm.)

- $1/3''$ e para espesores $3/4''$ (19 mm.) $< e \leq 2 1/4''$ (57 mm.)

- $3/4''$ para espesores $e > 2 1/4''$ (57 mm.).

Donde e es el espesor de la parte más delgada de la zona de interés, según se definió en el apartado 14.B.3.

3.- Cualquier conjunto de indicaciones alineadas que tenga una longitud acumulada mayor que el espesor e , en una longitud de doce veces el espesor ($12 e$), excepto cuando la distancia entre dos indicaciones adyacentes sea superior a $6L$, siendo L la longitud de la mayor indicación de las -- consideradas.

4.- Indicaciones redondeadas superiores a las indicadas como aceptables en el Apéndice VI de la - Sección III del Código ASME-1977, salvo en las radiografías de soportes de componentes, clases 1, 2 y 3, en que las indicaciones redondeadas no se tomarán en cuenta para la aceptación o - rechazo de las mismas.

- B. Criterios de aceptación en el radiografiado de probetas de placas o de tuberías para la calificación de soldadores.

Será rechazable toda radiografía de probetas que -- presente las siguientes indicaciones:

1.- Indicaciones lineales:

- Cualquier tipo de grieta, zona de falta de fusión o falta de penetración.
- Cualquier inclusión de escoria que tenga una longitud superior a:
 - . $1/8''$ (3.2 mm.) para espesores $e \leq 3/8''$ (10 mm.).
 - . $1/3 e$ para espesores $3/8''$ (10 mm.) $e \leq 2 1/4''$ (57 mm.).
 - . $3/4''$ (19 mm.) para espesores $e > 2 1/4''$ (57 mm.).
- Cualquier grupo de escorias alineadas, cuya suma de longitudes sea mayor que el espesor e en una longitud de soldadura igual a doce veces el espesor ($12 e$), excepto cuando la distancia entre dos indicaciones consecutivas sea mayor a $6L$, siendo L la longitud de la mayor indicación del grupo considerado.

2.- Indicaciones redondeadas.

- La máxima dimensión aceptable de una indicación redondeada, será la menor del 20% del espesor a radiografiar (20% de e) ó --

1/8" (3.2 mm.).

- Para soldaduras en materiales de espesor menor de 1/8" (3.2 mm.), el número máximo de indicaciones redondeadas aceptable no excederá de doce, en 6" (152 mm.) de longitud de soldadura.

En longitudes de soldadura inferiores a 6" (152 mm.), el número de indicaciones redondeadas se verá reducido proporcionalmente a dicha longitud.

- Para soldaduras en materiales de espesor e 1/8" (3.2 mm.), las cartas de porosidad del anexo representan las distribuciones típicas de porosidad aceptables.

Para este rango de espesores no se considerarán las indicaciones redondeadas cuya dimensión máxima sea menor de 1/32" (0.8 mm.), con fines de aceptar o rechazar radiográficamente la probeta.

18. CALIFICACION DEL PERSONAL.

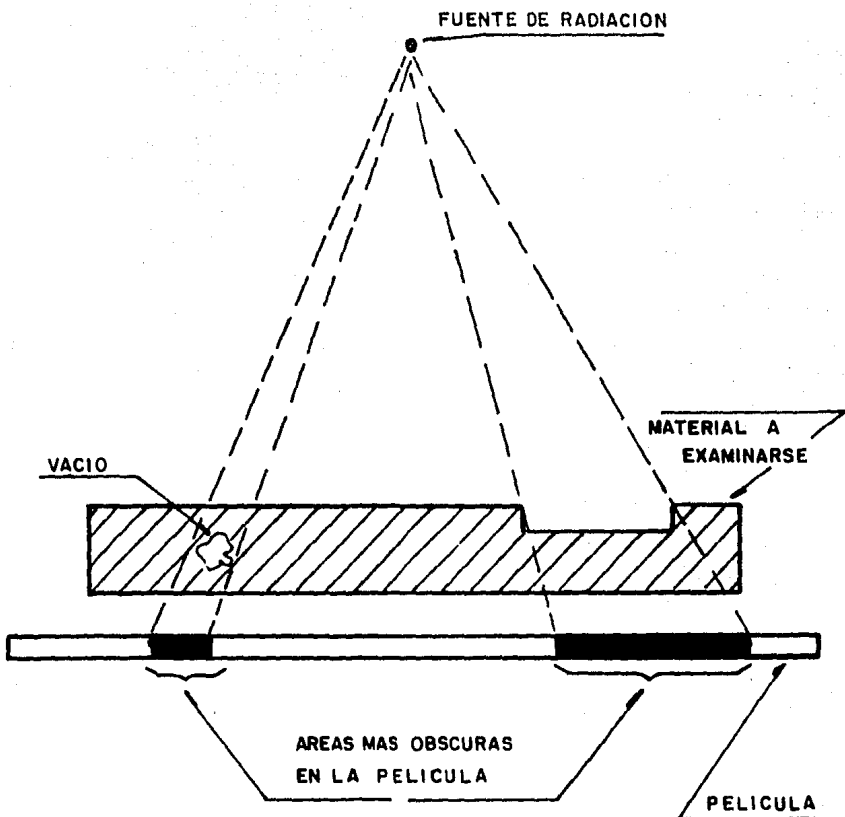
- A. El personal que requiere el examen radiográfico de acuerdo con el presente procedimiento, deberá estar calificado como nivel I en radiografía, según lo indica en las Recomendaciones SNT-TC-1A de la ASNT.
- B. El personal responsable de la interpretación y evaluación de resultados, deberá estar calificado como Nivel II en radiografía, según lo indicado en las Recomendaciones SNT-TC-1A de la ASNT.

19. REPORTES DE RESULTADOS.

Los exámenes radiográficos serán reportados de acuerdo - con el formato "Reporte de Examen Radiográfico" adjunto. En el mismo se hará mención al procedimiento específico-aplicable en cada caso, en cuanto a técnica operatoria - y al apartado correspondiente del presente procedimiento general o a la Sección del Código aplicable, en cuanto - respecta a los criterios de aceptación.

Dicho reporte acompañará a las películas radiográficas-obtenida (ver anexo # 6).

Ejemplo de una exposición radiografica y las densidades resultantes influenciadas por diferencias en secciones, espesores y discontinuidades.



DIBUJO 8

TABLA # 8

TIPOS DE PELICULAS

TIPO DE PELICULA	DESCRIPCION ASTM	NOMBRE DEL FABRICANTE			
		KODAK	G.A.F.	AGFA GEVAERT	DUPONT
1	Baja velocidad. Contraste muy alto. Muy baja granitación.	R	100	D 2	45
		M	200	D 4	55
		T	400	D 5	
2	Velocidad media. Alto contraste. Baja granitación.	AA	800	D 7	65
			1600	D 8	75
3	Alta velocidad. Contraste medio. Alta granitación.	K	C	D 10	
4	Velocidad muy alta* Contraste muy alto* Granitación**	F	3200	S	91

* Estas notas se refieren a exposiciones con pantallas fluorescentes, cuando la película del tipo 4 es expuesta directamente con pantallas de laminillas de plomo tiene velocidad, contraste y granitación medias.

** La granitación aquí es dependiente de las propiedades de las pantallas fluorescentes usadas.

DIBUJO 9

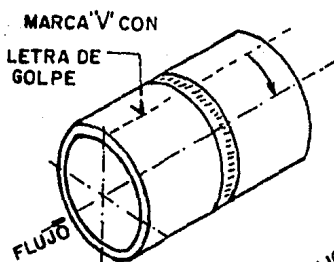


FIG. A

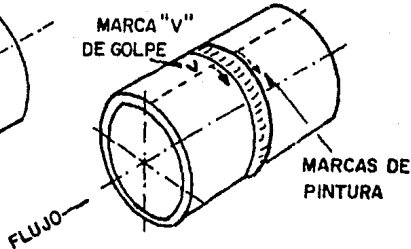


FIG. B

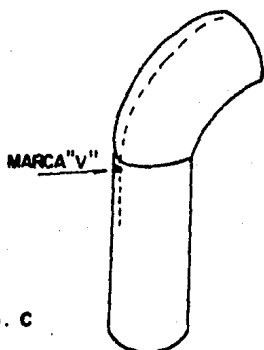


FIG. C

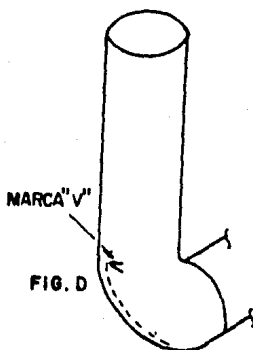


FIG. D

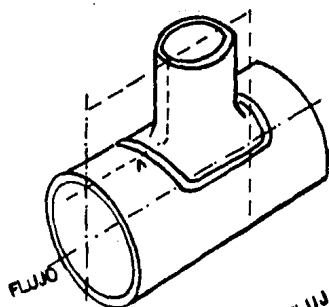


FIG. E

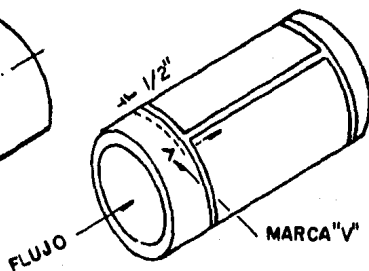


FIG. F

TABLA #9-1 (ASME V, T-262.1)

DESIGNACION DE PENETRAMETROS, ESPEORES Y DIAMETROS DE BARRENOS				
<u>DESIGNACION</u> <u>DE</u> PENETRAMETROS	<u>ESPESOR</u> <u>DE</u> PENETRAMETROS	<u>1T DIAMETRO</u> <u>DE</u> BARRENO	<u>2T DIAMETRO</u> <u>DE</u> BARRENO	<u>4T DIAMETRO</u> <u>DE</u> BARRENO
5	0.005	0.010	0.020	0.040
7	0.007	0.010	0.020	0.040
10	0.010	0.010	0.020	0.040
12	0.012	0.012	0.025	0.050
15	0.015	0.015	0.030	0.060
17	0.017	0.017	0.035	0.070
20	0.020	0.020	0.040	0.080
25	0.025	0.025	0.050	0.100
30	0.030	0.030	0.060	0.120
35	0.035	0.035	0.070	0.140
40	0.040	0.040	0.080	0.160
45	0.045	0.045	0.090	0.180
50	0.050	0.050	0.100	0.200
60	0.060	0.060	0.120	0.240
80	0.080	0.080	0.160	0.320
100	0.100	0.100	0.200	0.400
120	0.120	0.120	0.240	0.480
160	0.160	0.160	0.320	0.640
200	0.200	0.200	0.400	0.800

NOTA: (t) Todas las dimensiones son en pulgadas.

TABLA #9-II
(ASME V, NB-5111-1)

ESPORES, DESIGNACION DE PENETRAMETROS Y BARRENOS ESPECIALES				
PARED SIMPLE	PENETRAMETROS			
	LADO DE LA FUENTE		LADO DEL FILM	
	DESIGNACION	BARRENOS ESPECIALES	DESIGNACION	BARRENOS ESPECIALES
Hasta 1/4, inclusive.	5	4T	5	4T
Mayor de 1/4 hasta 3/8.	7	4T	7	4T
Mayor de 3/8 hasta 1/2.	10	4T	10	4T
Mayor de 1/2 hasta 5/8.	12	4T	12	4T
Mayor de 5/8 hasta 3/4.	15	4T	12	4T
Mayor de 3/4 hasta 7/8.	17	4T	15	4T
Mayor de 7/8 hasta 1.	20	2T	15	2T
Mayor de 1 hasta 1 1/4.	25	2T	17	2T
Mayor de 1 1/4 hasta 1 1/2.	30	2T	20	2T
Mayor de 1 hasta 2.	35	2T	25	2T
Mayor de 2 hasta 2 1/2.	40	2T	30	2T
Mayor de 2 1/2 hasta 3.	45	2T	35	2T
Mayor de 3 hasta 4.	50	2T	40	2T
Mayor de 4 hasta 6.	60	2T	45	2T
Mayor de 6 hasta 8.	80	2T	50	2T
Mayor de 8 hasta 10.	100	2T	60	2T
Mayor de 10 hasta 12.	120	2T	80	2T
Mayor de 12 hasta 16.	160	2T	100	2T
Mayor de 16 hasta 20.	200	2T	120	2T

TABLA # 9-III (ASME V, T-262-2)

ESPESORES DE MATERIAL, DESIGNACION DE PENETRAMETROS Y BARRENOS ESENCIALES PARA TECNICA RADIOGRAFICA DE PARED SENCILLA				
RANGO DE ESPESOR NOMINAL DE MATERIALES PARA PARED SENCILLA EN PULGADAS	PENETRAMETROS			
	LADO DE LA FUENTE		LADO DEL FILM	
	DESIGNACION	BARRENOS ESENCIALES	DESIGNACION	BARRENOS ESENCIALES
Arriba de 0.25 inclusive	10	4T	7	4T
Mayor de 0.25 hasta 0.375	12	4T	10	4T
Mayor de 0.375 hasta 0.50	15	4T	12	4T
Mayor de 0.50 hasta 0.625	15	4T	12	4T
Mayor de 0.625 hasta 0.75	17	4T	15	4T
Mayor de 0.75 hasta 0.875	20	4T	17	4T
Mayor de 0.875 hasta 1.00	20	4T	17	4T
Mayor de 1.00 hasta 1.25	25	4T	20	4T
Mayor de 1.25 hasta 1.50	30	2T	25	2T
Mayor de 1.50 hasta 2.00	35	2T	30	2T
Mayor de 2.00 hasta 2.50	40	2T	35	2T
Mayor de 2.50 hasta 3.00	45	2T	40	2T
Mayor de 3.00 hasta 4.00	50	2T	45	2T
Mayor de 4.00 hasta 6.00	60	2T	50	2T
Mayor de 6.00 hasta 8.00	80	2T	60	2T
Mayor de 8.00 hasta 10.00	100	2T	80	2T
Mayor de 10.00 hasta 12.00	120	2T	100	2T
Mayor de 12.00 hasta 16.00	160	2T	120	2T
Mayor de 16.00 hasta 20.00	200	2T	160	2T

TABLA # 9-IV (ASME V, T-272)

ESPEORES DE MATERIAL, DESIGNACION DE PENETRAMETROS Y BARRENOS ESENCIALES
PARA TECNICA RADIOGRAFICA DE DOBLE PARED

RANGO DE ESPESOR NOMINAL PARA PARED SIMPLE EN PULGADAS	PENETRAMETROS EN LA PELICULA O EN EL LADO DE LA FUENTE	
	DESIGNACION	AGUJEROS ESENCIALES
Mayor de 0 a 0.375	10	4T
Mayor de 0.375 hasta 0.625.	12	4T
Mayor de 0.625 hasta 0.875.	15	4T
Mayor de 0.875 hasta 1.00.	17	4T
Mayor de 1.00 hasta 1.50.	25	2T
Mayor de 1.50 hasta 2.50.	30	2T
Mayor de 2.50 hasta 3.00.	35	2T
Mayor de 3.00 hasta 4.00.	40	2T
Mayor de 4.00 hasta 6.00	50	2T

6. EXAMEN DE ULTRASONIDO.

1) APLICACION.

- A. Puede usarse en cualquier material capaz de conducir ondas de sonido, metales ferrosos y no ferrosos, vidrios, plásticos, -cerámicas, etc.

2) VENTAJAS.

- A. Requiere acceso a sólo un lado de la pieza a examinarse.
- B. Detecta discontinuidades superficiales y sub-superficiales.
- C. Excelente sensibilidad.
- D. Puede usarse en secciones gruesas (de 20" a 30").
- E. Los resultados pueden ser registrados en forma gráfica o fotográfica.
- F. El equipo es portátil.

3) LIMITACIONES.

- A. La sensibilidad puede ser reducida por las superficies áspe--ras.
- B. Limitada por la geometría.
- C. Los granos interiores de gran tamaño pueden reducir la sensi-bilidad.
- D. Los defectos que estén paralelos a la trayectoria del sonido, son difíciles de detectar.
- E. El equipo es caro.

F. Requiere calibración constante.

G. Depende mucho del operador.

4) TEORIA.

A. Medio de inspección.- sonido ultrasónico.

B. Aplicación.- La onda de sonido ultrasónico es introducida en la pieza a examinarse por medio de un transductor piezoeléctrico.

C. Desarrollo.- La onda de sonido viajando a través de la pieza a examinarse, es reflejada (eco) por discontinuidades y la su superficie posterior de la pieza (ver dibujo #10).

D. Detección.- Aquellas porciones de la onda de sonido reflejadas (eco), llegando al transductor receptor (generalmente el mismo transductor envía y recibe) genera una pequeña corriente eléctrica.

E. Registro de indicaciones.- Esta corriente eléctrica es amplificada y expuesta en un tubo de rayos catódicos (CRT).

La presentación normal en la pantalla de CRT es "una escala" con la distancia de viaje del tiempo o el metal de izquierda a derecha en la huella horizontal y la amplitud de las señales verticales representan la magnitud de las superficies reflejadas.

F. Observación.- La pantalla CRT se examina para ver si hay indicaciones, mismas que deben ser interpretadas de acuerdo a su causa y evaluadas de acuerdo a su efecto de funcionalidad de la pieza a examinarse.

5) SECUENCIA DE APLICACION.

A. Antes de iniciar el proceso, debe determinarse el transductor a ser usado. Los factores que influyen en la selección de éste, son:

1.- Frecuencia del transductor.- ASME Sección V especifica -- una frecuencia de 2.25 MHZ a menos que las estructuras de granos mayores requieran del uso de otras frecuencias.

Los transductores de baja frecuencia tienen mejor poder de penetración (para material de granos mayores y superficies ásperas). Los transductores de alta frecuencia tienen mayor sensibilidad.

2.- Tamaño del transductor.- El tamaño no se especifica para la inspección de soldadura. Los transductores de onda directa son generalmente de una pulgada cuadrada (de 0" a 1 1/8" de diámetro).

Los transductores de onda en ángulo son generalmente rectangulares, tales como los de 1/2" x 1".

El tamaño y forma del transductor afecta la sensibilidad.

3.- Ángulo de transductor.- Los transductores de "onda directa" introducen la onda de sonido en la pieza a examinarse normal a la superficie de entrada. La examinación con -- "onda en ángulo" se logra montando el transductor de una cuña de plástico. El ángulo de la onda de sonido en la -- pieza a examinarse, es determinado por la velocidad acústica de la cuña, el ángulo de la cuña y la velocidad acústica de la pieza a examinarse.

El ángulo de la onda de sonido debe estar entre 40° y 75° en la pieza a examinarse. Dependiendo del espesor de la -- superficie y el diseño de la junta de soldadura, ciertos ángulos producirán mejor sensibilidad que otros.

NOTA: Una vez que el sistema ultrasónico esté aceptablemente calibrado usando una frecuencia específica, tamaño y ángulo de transductor, ese transductor no puede ser cambiado sin recalibrar el sistema.

- B. Acoplante. - Un acoplante líquido o semilíquido debe usarse para transferir la energía del sonido del transductor a la pieza a examinarse.
- C. Existen dos tipos de calibración requerida para la examinación ultrasónica, conocida como calibración periódica y calibración de aceptación.
- 1.- Calibración periódica es una calibración certificada del atenuador y otros parámetros de equipo como sea necesario, tal como la lineabilidad horizontal y vertical. Esta calibración es efectuada periódicamente (por ejemplo: Una vez al año, una vez cada seis meses o algún otro tiempo aproximado). Debe mantenerse un registro de estas calibraciones.
 - 2.- La calibración de aceptación consiste en establecer el nivel de aceptación y rechazo, basado en una reflexión de una superficie de tamaño conocido (por ejemplo: De un block o estándar de calibración).
- Esta calibración es efectuada antes del inicio de cada examinación, al final y periódicamente, en puntos intermedios. Usualmente esta calibración no se documenta.
- D. Exploración. - Una vez que el sistema ultrasónico haya sido aceptablemente calibrado, la pieza a examinarse es explorada usualmente con un alcance del 100% y traslapes del 10% al 15% para cada paso del transductor.
- E. Examinación. - La pantalla CRT es observada de cerca para ver si no hay indicaciones que se aproximen o excedan el nivel

de aceptación y rechazo. La localización exacta y profunda - de las discontinuidades, puede ser determinada por la localización de la señal en la pantalla, la posición del transductor cuando se obtiene la señal y conociendo el ángulo de la onda de sonido en la pieza a examinarse y el espesor de la pieza a examinarse.

6) LISTA DE CHEQUEO PARA REALIZAR UN EXAMEN DE ULTRASONIDO.

	NO		
	<u>SATISFACTORIO</u>	<u>SATISFÁCTORIO</u>	<u>N/A</u>
1. <u>EQUIPO.</u>			
A. <u>MAQUINAS.</u>			
1.- Calibración (dentro del período).	_____	_____	_____
2.- Buenas condiciones de operación.	_____	_____	_____
B. <u>TRANSDUCTORES.</u>			
1.- Frecuencia identificada.	_____	_____	_____
2.- Angulo inducido (solamente para cuñas de onda angular).	_____	_____	_____
C. <u>BLOCKS DE CALIBRACION.</u>			
1.- Certificación.	_____	_____	_____
2.- Identificación.	_____	_____	_____
3.- Almacenaje apropiado.	_____	_____	_____
2. <u>TECNICA ULTRASONICA.</u>			
A. <u>TECNICA CORRECTA USADA.</u>	_____	_____	_____
B. <u>CALIBRACION (ACEPTACION).</u>			
1.- Block correcto usado.	_____	_____	_____
2.- Frecuencia.	_____	_____	_____
C. <u>TRANSDUCTOR.</u>			
1.- Frecuencia (correcta)	_____	_____	_____
2.- Angulo correcto.	_____	_____	_____
D. <u>ALCANCE</u>			
1.- Exploración o patrón de rejilla.	_____	_____	_____
2.- Velocidad de exploración.	_____	_____	_____
E. <u>IDENTIFICACION.</u>			

	SATISFACTORIO	NO SATISFACTORIO	N/A
1.- En el artículo inspeccionado.	_____	_____	_____
2.- En el reporte.	_____	_____	_____
3. <u>REPORTES.</u>			
A. <u>COMPLETOS.</u>	_____	_____	_____
B. <u>EXACTOS.</u>	_____	_____	_____
C. <u>TECNICAS ESPECIALES APROBADAS POR NIVEL III Y EL CLIENTE.</u>	_____	_____	_____

7) PROCEDIMIENTO GENERAL DE EXAMEN ULTRASONICO DE SOLDADURAS A TOPE DE ACEROS AL CARBONO Y ALEADOS, DE ESPESORES COMPRENDIDOS ENTRE 10 Y 60 MM.

A. OBJETO.

El presente procedimiento se refiere al método y niveles de aceptación que deberán seguirse para el examen manual de soldaduras de aceros al carbono y aleados, de espesores de materiales base comprendidos entre 10 y 60 mm.

La aplicación del presente procedimiento general deberá realizarse conjuntamente con el procedimiento específico descrito, según el formato adjunto, para cada caso de examen concreto.

B. REFERENCIAS.

Este procedimiento cumple con los requisitos establecidos en el Código ASME, Secciones III (NB-5330) y V, Edición 1977.

C. MATERIAL A UTILIZAR.

1.- Equipo.- Deberán utilizarse equipos de ultrasonido capaces de generar y detectar impulsos ultrasónicos compatibles con la sensibilidad exigida de trabajo, según el método de reflexión y transmisión y con presentación de las indica-

ciones sobre pantalla de tubo de rayos catódicos. Los mandos de sensibilidad y distancia deberán estar calibrados con precisión de 20% ó 2 db. Ejemplos de estos equipos son el USIP-11, USM-2, Sonatest UFD. 2M, etc.

- 2.- Palpadores (transductores).- Se utilizarán palpadores normales y angulares de 2 a 4 MHz de frecuencia. El diámetro de los palpadores normales será de 20 mm. Las dimensiones de los palpadores angulares serán de 10 x 20 mm. Los ángulos podrán estar comprendidos entre 45° y 70°.

Para evaluación y estudio de discontinuidades, podrán utilizarse palpadores con otras características de dimensiones, frecuencia y ángulos.

- 3.- Agente de acoplamiento.- Como acoplante podrá utilizarse glicerina neutra, grasa consistente, aceite SAE 30/40, cola celusósica, agua o cualquier otro que pueda suministrar un buen acoplamiento acústico entre el palpador y material a examinar y sea compatible con el mismo. Debe usarse el mismo acoplante para la calibración del examen.

En el caso de aceros inoxidables, deberá cuidarse que el acoplante no tenga una concentración de sulfuros y halógenos superior a lo especificado en el Artículo 6 de la Sección V del Código ASME (se deberá disponer de certificado).

D. PREPARACION SUPERFICIAL.

Las superficies por las que se vaya a desplazar el palpador, deberán estar accesibles, limpias y exentas de óxido, salpicaduras o irregularidades que dificulten el buen acoplamiento acústico o el desplazamiento del palpador.

La superficie del cordón de soldadura no deberá presentar un excesivo e irregular sobreespesor que pueda enmascarar o di-

ficular la interpretación de indicaciones.

E. BLOQUES DE CALIBRACION.

1.- Para la calibración en distancia se utilizarán los bloques V-1 y V-2, calificados por el Instituto Internacional de la Soldadura (figura 7 del dibujo # 10).

2.- Para la calibración en sensibilidad se utilizarán los bloques ASME correspondientes al espesor a examinar y conforme con lo especificado en la Figura 1 del dibujo # 10. En caso de diferentes espesores, se considerará el bloque correspondiente al espesor del material donde se deslizará el palpador.

Para el examen de soldaduras circunferenciales de recipientes y tuberías de diámetro inferior a 500 mm., se utilizará un bloque ASME con curvatura que esté comprendida entre 0.9 y 1.5 de la curvatura real de los mismos.

Para el examen de soldaduras longitudinales en tuberías y recipientes de diámetro inferior a 500 mm., deberán utilizarse bloques ASME con la misma curvatura.

Para el examen de soldaduras en recipientes o tuberías de diámetro mayor de 500 mm., podrán utilizarse bloques ASME planos.

F. CALIBRACION DE LA BASE DE TIEMPOS.

1.- La calibración en distancia se realizará en recorridos reales de las ondas, en el material a examinar mediante los bloques V-1 ó V-2.

2.- Se utilizará un campo de distancias con margen suficiente como para que pueda realizarse la calibración que se indica en el siguiente punto (F.3), pero teniendo pre-

sente que la última indicación de la curva de referencia debe estar comprendida entre 0.5 y 0.8 del margen total de distancias.

3.- Calibración en sensibilidad.

- a) Examen con haz normal.- Para el examen de soldaduras con palpador normal se considerarán dos casos, según que el espesor de las mismas o camino recorrido por el haz sea:

- Inferior a 25.4 mm.

En este caso, situar el palpador sobre el bloque ASME, de forma que se obtenga la máxima respuesta del taladro a 1/2 del espesor y operar sobre el mando de ganancia para que la altura de la indicación alcance el 50% de altura total de la pantalla. El nivel de referencia lo constituye la línea paralela a la base de tiempos de 50% de altura.

- Superior a 25.4 mm.

Operar como en el caso anterior, sin variar la ganancia, situar el palpador sobre el taladro a 3/4 del espesor, de forma que se obtenga la máxima respuesta. Unir con una línea recta los dos picos de las indicaciones obtenidas a 1/4 y 3/4 del espesor, con el taladro del bloque ASME. La línea recta obtenida constituye el nivel de referencia (Figura 2 del dibujo # 10).

- b) Examen con haz angular.

Para espesores de soldaduras de hasta 25.4 mm., la calibración en sensibilidad y corrección por

distancia se realizará de la siguiente forma:

- 1° Situar el palpador sobre el bloque ASME correspondiente (taladro a 1/2 del espesor) en la posición 3/4 de "salto completo" (a), de la forma que se obtenga la máxima indicación del taladro. Operar sobre el mando de ganancia, para llevar la altura de la indicación a 75% de altura total de pantalla. Marcar con rotulador o lápiz graso, el pico de la misma.
- 2° Con el nivel de ganancia anterior, situar el palpador en la posición 5/4 de "salto completo" (b) y repetir el proceso anterior, marcando el pico de la indicación obtenida.
- 3° Repetir el proceso anterior en la posición 7/4 de "salto completo" (c). Uniendo las tres marcas de los picos de las tres indicaciones obtenidas, se dibujará una curva sobre la pantalla, que constituirá el nivel de referencia (Figura 3 del dibujo # 10).

En el caso de espesores superiores a 25.4 mm. se procederá de manera análoga, con el bloque correspondiente y en las posiciones que se describen en la figura 4 del dibujo # 10.

4.- Pérdidas por transferencia. - Con el fin de evaluar los efectos de estado superficial y estructura entre el bloque de calibración y material a examinar (pérdidas por transferencia), se realizará la siguiente determinación.

- a) Espesor de bloque de calibración y materiales a inspeccionar iguales. - Con dos palpadores angulares de las mismas características que los utilizados para el examen de las soldaduras, se utilizará

el método de transmisión sobre el bloque y el material base adyacente a la soldadura. Para ello, situar los palpadores emisor y receptor alineados -- uno frente a otro sobre el bloque, de forma que el receptor reciba la máxima indicación a "salto completo". Operar sobre el mando de ganancia para que la indicación alcance el 75% de altura total de -- pantalla y anotar el número de decibelios precisos para ello. Repetir el proceso sobre el material base adyacente a la soldadura y anotar los decibelios necesarios para que la indicación alcance el 75% de pantalla. La diferencia de decibelios determinada en ambos casos, constituirá el valor de las pérdidas por transferencia del bloque al material de examen.

El método de transferencia se utilizará cada tres metros de soldadura examinada en recipientes y en cualquier caso, dos veces para cada tipo de soldadura. En el caso de tubería, se determinarán las pérdidas por transferencia en cada examen de soldaduras en tuberías, de diámetro igual o superior a 250 mm. Para diámetros inferiores se determinarán cada 1.5 metros de soldadura.

- b) Espesores de bloques de calibración y materiales a inspeccionar diferentes (dentro del rango de calibración del bloque). - El método a seguir para determinar la pérdida por transferencia, será similar al descrito en 7).F.4.a), pero debido a la diferencia de espesores, se deberá tomar en consideración la línea de referencia (100%), tal como se indica en la figura 6 del dibujo # 10.
- c) Cuando las pérdidas por transferencias del bloque de calibración al material a examinar sean mayores de 6 db, deberá modificarse alguno de los parámetros que se enumeran a continuación, hasta lograr pérdidas máximas de 6 db.

Parámetros a considerar para mejorar pérdidas por - transferencias:

- Acoplante.
- Acabado superficial.
- Frecuencia y tipo de palpador.
- Curvatura de la superficie a examinar (adaptar - suela del palpador.

G. PROCEDIMIENTO DE EXAMEN.

1.- General.

- a) Antes del examen de las soldaduras, se realizará un examen previo del material base adyacente con palpador normal. Dicho examen alcanzará a todo el material base por el cual tenga que propagarse el haz ultrasónico para el examen de la soldadura y tiene por objeto determinar la presencia de posibles discontinuidades laminares que puedan interferir dicha propagación. Cuando aparezcan discontinuidades de este tipo, debe evaluarse su tamaño, interferencia con el haz angular y registro de las mismas.
- b) La velocidad de desplazamiento del palpador no superará los 50 mm/s. y deberá existir un solape entre posiciones próximas de, al menos, 10% de la anchura del palpador.
- c) El nivel de referencia para evaluación de indicaciones será el establecido en el apartado 7).F.2 de este procedimiento, corregido por las pérdidas de transferencias determinadas según el apartado 7).F. 3.

- d) El nivel de exploración para la realización del examen será igual al de referencia, más 6 db. adicionales (doble amplitud de señal) que deberán ser restados al evaluar indicaciones.

2.- Examen de soldaduras a tope en prolongación.

- a) El examen será realizado por ambos lados del cordón de soldadura y desde una superficie del mismo.
- b) Para la detección de defectos longitudinales (paralelos a la soldadura) el examen se realizará con el palpador angular en posición tal, que haga incidir el haz perpendicular al cordón e imprimiendo un movimiento de vaivén y desplazamiento lateral que permite barrer toda la zona de soldadura y de material base afectado por el calor. Este examen se realizará por ambos lados del cordón de soldadura (posiciones A y B de la figura 5 del dibujo # 10).
- c) Para la detección de defectos transversales a la soldadura y en el caso de que la superficie del cordón se encuentre suficientemente lisa para que el palpador acople adecuadamente, el examen se realizará desplazando el palpador sobre el cordón, para que el haz ultrasónico cubra toda la zona de soldadura, siguiendo la dirección de la misma. Este examen se realizará en ambos sentidos.

Si el sobreespesor y/o irregularidades del cordón de soldadura no permiten la realización de la práctica anterior, se utilizarán palpadores, uno a cada lado de la soldadura, formando un ángulo de 45° o menor, tal como lo muestra la figura 8. En caso de dificultades con esta técnica, se podrá desplazar un palpador paralelamente al cordón, sobre el material base adyacente, formando un ángulo el haz ul-

trasónico y la línea de soldadura, comprendido dentro del margen de 10° a 15° , tal como se indica en la figura 5 y se efectuará en ambos lados del cordón de soldadura.

H. REGISTRO DE INDICACIONES.

1.- Cualquier indicación que supere el 20% del nivel de referencia descrito en 7).G.C), será estudiada por el -- operador, con el fin de determinar la localización, naturaleza y dimensiones de la discontinuidad que produce la misma (ver anexos # 7 y 8).

Los siguientes datos, como mínimo, deberán registrarse ante la presencia de una discontinuidad evaluable, de acuerdo con los criterios del punto siguiente (I):

- a) Amplitud máxima de la indicación (Am).
- b) Posición del palpador, con respecto a un punto de referencia del cordón de soldadura, en Am.
- c) Distancia del punto de salida del haz a la línea central del cordón de soldadura, en Am.
- d) Camino real del haz, en Am.
- e) Longitud de la discontinuidad entre posiciones de 50%, de Am.
- f) Desplazamiento del palpador en dirección perpendicular al cordón, entre posiciones de 50%, de Am.
- g) Cualquier otra característica, forma del eco, variación de la indicación con el desplazamiento angular del palpador, etc., que se considere de interés.

Los datos anteriores deberán ser registrados en un formato o croquis de la zona sometida a examen.

I. EVALUACION DE INDICACIONES.

1.- Todas las discontinuidades registrables y una vez identificadas, serán evaluadas de acuerdo con los siguientes -criterios:

- a) Toda discontinuidad que se interprete como grieta, -falta de fusión o penetración, será inaceptable con independencia de sus dimensiones.
- b) Otras discontinuidades no atribuibles a configura--ción geométrica, serán inaceptables cuando su ampli--tud exceda del nivel de referencia y su longitud --sea superior a:

- 6.35 mm. para $t \leq 19.3$ mm.
- 1/3 mm. para $19.3 \text{ mm.} < t \leq 57$ mm.
- 19.3 mm. para $t > 57$ mm.

En donde t es el espesor de la soldadura examinada. En el caso de uniones de dos espesores diferentes, el valor de t será el menor de los espesores considerados.

J. CALIFICACION DEL PERSONAL.

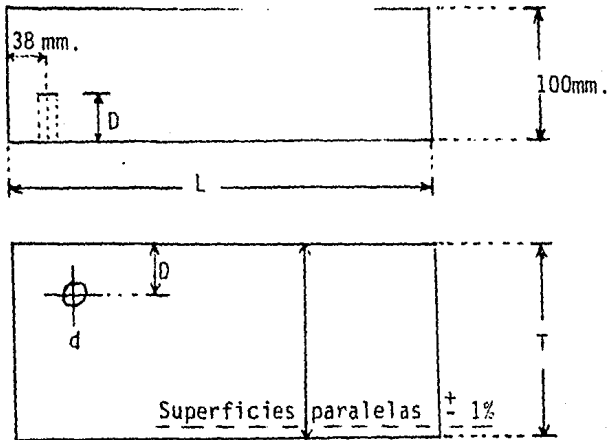
1.- El personal que realice el examen ultrasónico aplicando los métodos operatorios descritos en el presente procedimiento, deberá estar calificado como nivel 1 en ultrasonido, de acuerdo con las recomendaciones SNT-TC-1A de la ASNT.

El personal supervisor del examen, deberá estar calificado como nivel II en ultrasonidos, de acuerdo con las recomendaciones citadas, basadas en SNT-TC-1A de la - - ASNT).

K. INFORME DEL EXAMEN.

1.- Los resultados del examen deberán quedar reflejados en un informe final escrito, en el que estará contenida, - al menos, la siguiente información:

- a) Identificación de las soldaduras examinadas.
- b) Equipos utilizados.
- c) Palpadores, acoplante y otros accesorios.
- d) Procedimiento de calibración.
- e) Datos descritos en el punto 7).H.1. de este procedimiento.
- f) Evaluación final, con croquis de la situación y localización de las discontinuidades.
- g) Nombre del operador y supervisor.
- h) Fechas y lugar del examen.
- i) Observaciones.



L = Longitud del bloque, determinada por el ángulo del palpador y el recorrido del haz.

T = Espesor del bloque (ver tabla de abajo).

d = Diámetro taladro (ver tabla de abajo).

D = Profundidad de taladro (ver tabla de abajo).

t = Espesor nominal del material a examinar.

Acabado de la pieza = Natural de molino

ESPESOR MATERIAL (+)	T	LOCAL. TALADRO	d	D
Hasta 25 mm.	19 mm. o t	1/2 T	2.4 mm.	38 mm.
25 t 50.8	38 mm. o t	1/4 T	3.2 mm.	38 mm.
50.8 t 101.6	76 mm. o t	1/4 T	4.8 mm.	38 mm.

MATERIAL DEL BLOQUE: P1 PARA INSPECCIONES EN P1, P3, P4 Y P5.

P8 PARA INSPECCIONES EN P8.

DIBUJO # 10. FIGURA 1 - BLOQUE DE CALIBRACION. ASME.

DIBUJO 10

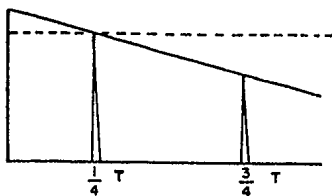
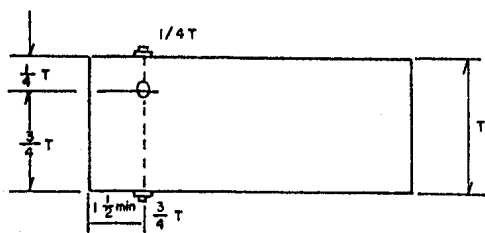


FIG. 2

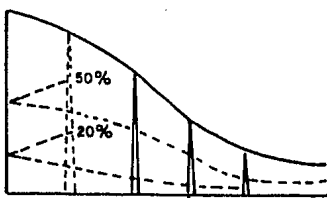
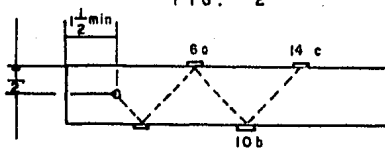
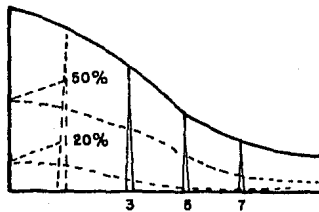
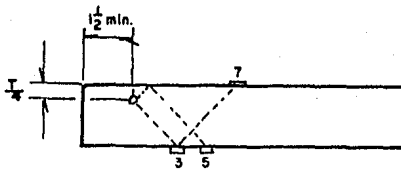


FIG. 3

DIBUJO 10



EL PRIMER PUNTO DE LA CURVA SE OBTENDRA COLOCANDO EL PALPADOR LO MAS CERCA POSIBLE, PERO NO MENOS DE $3/8$ P O $2''$ (1a menor) DEL TALAORO Y EN EL PUNTO DE MAXIMA RESPUESTA.

FIG. 4

DIBUJO 10

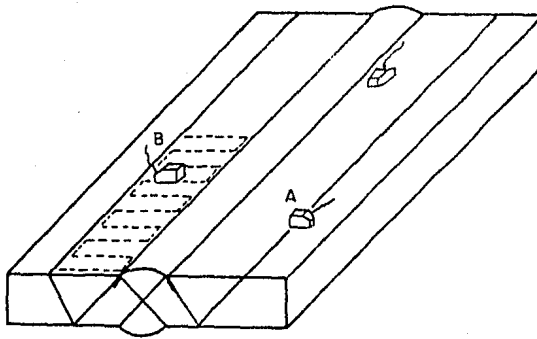
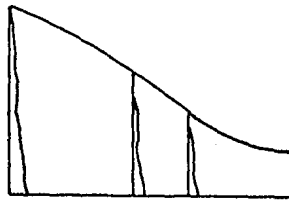


FIG. 5



Eco en bloque de calibración
 Eco en pieza a inspeccionar (ajustado
 hasta el nivel de referencia).

FIG. 6

DIBUJO 10

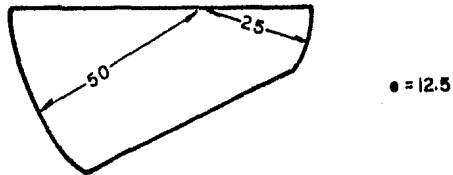
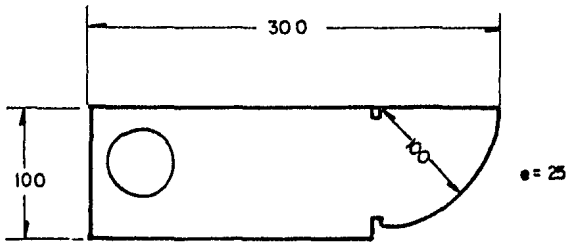


FIG. 7

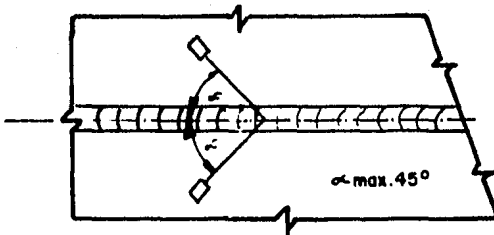
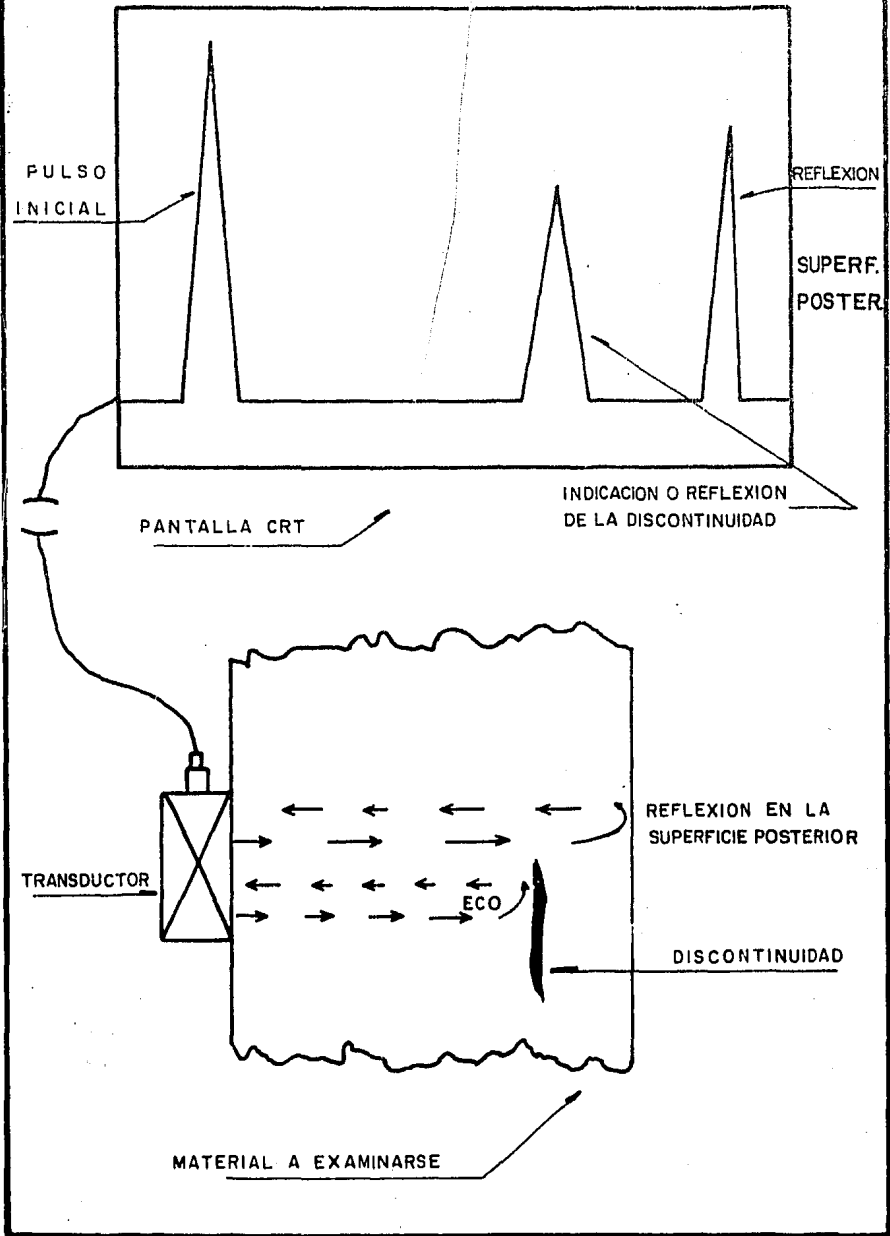


FIG. 8

DIBUJO II

ESQUEMA REPRESENTANDO UN EXAMEN DE ULTRASONIDO
SUPERFICIE DE EL FRENTE



CAPITULO V.- CONCLUSIONES

Desde el punto de vista Técnico y como se mencionó al inicio de esta tesis, las Pruebas no Destructivas representan un requisito importante que permite evaluar de una manera indirecta pero necesaria las condiciones en las que se encuentran las tuberías instaladas.

Desde el punto de vista económico, las Pruebas no Destructivas ejecutadas paso a paso como se describe en el capítulo IV representan un costo muy elevado en Recursos Humanos y Materiales. La preparación de Recursos Humanos apropiado ha sido una inversión elevada debido a que en ello intervienen asesores extranjeros. Los costos de Recursos Materiales son -- constantemente elevados debido a que casi la totalidad de equipo y materiales utilizados son de importación.

En conclusión desde el punto de vista técnico y económico las "Pruebas no Destructivas de Soldadura en Tuberías del Proyecto Nucleoelectrico Laguna Verde" están totalmente justificadas ya que a través de ellas se puede garantizar que las tuberías son componentes seguros para el inicio de -- operación.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA.

- ASME SECCIONES II, III, V Y XI, EDICION 1977 Y SECCION IX, EDICION - - 1980.

- CURSOS:
 - . METODO DE LIQUIDOS PENETRANTES A.S.N.T. (CT-6-2).
 - . METODO DE PARTICULAS MAGNETICAS A.S.N.T.(CT-6-3).
 - . METODO DE RADIOGRAFIA A.S.N.T. (CT-6-6).
 - . METODO DE ULTRASONIDO A.S.N.T. (CT-6-4).

- INTRODUCCION A LOS METODOS DE ENSAYOS NO-DESTRUCTIVOS DE CONTROL DE CA LIDAD DE LOS MATERIALES (INTA).

- AUTORES:
 - . FRANCISCO RAMIREZ GOMEZ.
 - . MIGUEL ANGEL FERNANDEZ SOLER.
 - . GABRIEL DELOJO MORCILLO.
 - . CARLOS VALDECANTOS MARTINEZ.
 - . AMADOR ALONSO ROLDAN.
 - . AGUSTIN SANCHEZ PASCUAL.
 - . JOSE MANUEL DE LOS RIOS RUBALCABA.