

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



**"CONTROL DE CALIDAD DE TUBOS DE ACERO
GALVANIZADO PARA CONDUCCION DE AGUA"**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO**

**Presentada por:
Luis Ricardo Velasco Navas**

**Guayaquil - Ecuador
1988**

A G R A D E C I M I E N T O

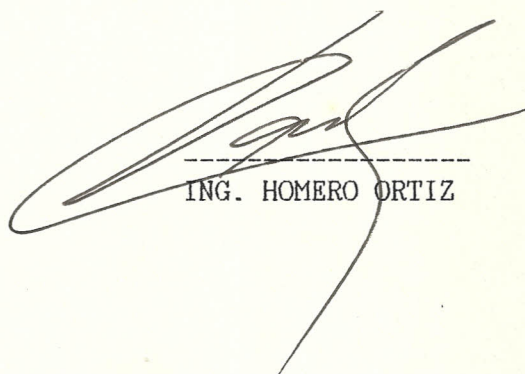
Al Ing. HOMERO ORTIZ
ARIZAGA, DIRECTOR DE
TESIS, por su valiosa
ayuda y colaboración para
la realización de este
trabajo.

DEDICATORIA

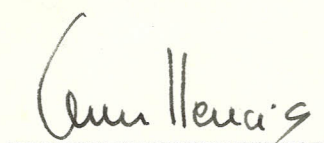
A mis Padres



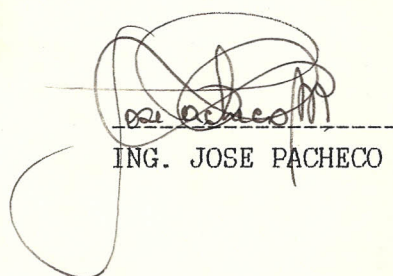
ING. MARCOS TAPIA



ING. HOMERO ORTIZ



ING. ALBERTO TORRES

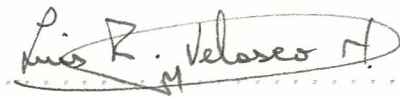


ING. JOSE PACHECO

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "

(Reglamento de Exámenes y Titulos
profesionales de la ESPOL)

A handwritten signature in dark ink, reading "Luis R. Velasco Navas". The signature is written in a cursive style and is enclosed within a hand-drawn oval. Below the signature, there is a horizontal line of small dots.

LUIS RICARDO VELASCO NAVAS

RESUMEN

En el presente trabajo se aplican normas técnicas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) a tubos de acero galvanizado para conducción de agua, fabricados en el país.

En el proyecto de norma INEN MC 06.01-410 se establecen los requisitos que deben cumplir tales productos, los cuales se refieren a:

- Material del tubo.
- Cordón de soldadura.
- Presión hidrostática.
- Tolerancias :
 - Espesor de pared.
 - Diámetro exterior.
 - Masa por unidad de longitud.
 - Roscas.
 - Longitud.
- Galvanizado.

Para controlar el material del tubo se determinó la composición química. La soldadura se probó sometiéndola a esfuerzos de aplastamiento. La resistencia del tubo a la presión hidrostática, se determinó utilizando un probador de tipo manual.

Las tolerancias del tubo se controlaron usando un calibrador Vernier (diámetro exterior), micrómetro (espesor de pared), calibradores de anillo (roscas), y flexómetro (longitud del tubo).

Para el galvanizado se determinó la masa depositada por unidad de superficie, por el método gravimétrico, y la adherencia del mismo por medio de la prueba de doblado.

La confrontación de los resultados obtenidos en las pruebas de control de calidad con los valores establecidos en el proyecto de norma INEN MC 06.01-410 permite determinar si el producto se encuentra dentro de la misma y de nó ser este el caso posibilita el establecer los correctivos necesarios.

INDICE GENERAL

RESUMEN.	6
INDICE GENERAL.	8
INDICE DE FIGURAS.	14
INDICE DE TABLAS.	22
INDICE DE ABREVIATURAS.	25
INTRODUCCION.	26
1.- GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIA.	28
1.1 Material base utilizado y especificaciones. ...	28
1.1.1 Materiales aptos para galvanizar.	28
1.2 Conformado de la tuberia.	32
1.2.1 Perfilado.	32
1.2.1.1 Aplicabilidad.	36
1.2.1.2 Rango de espesores del material de trabajo.	38
1.2.1.3 Secciones rectas.	39
1.2.1.4 Materia prima.	41
1.2.2 Guias de entrada.	41
1.2.3 Maquinas.	45
1.2.3.1 Diseno de los rodillos.	48

1.2.3.2 Rodillos auxiliares.	50
1.2.4 Equipo de enderezado.	51
1.2.5 Equipo de corte.	52
1.2.6 Conformado de tuberías y ductos.	54
1.2.6.1 Tubos y ductos soldados	
longitudinalmente.	54
1.3 Soldado de la tubería.	59
1.3.1 Soldadura por alta frecuencia.	59
1.3.1.1 Principios de operación.	63
1.3.1.2 Preparación de los bordes.	72
1.3.1.3 Accesorios.	74
1.3.2 Equipo.	76
1.3.2.1 Fuentes de poder.	76
1.3.3 Ventajas y limitaciones.	79
1.3.4 Soldadura de tubos y ductos.	82
1.3.4.1 Soldadura por resistencia con	
corriente de alta frecuencia.	83
1.3.4.2 Soldadura por inducción con	
corriente de alta frecuencia.	87
1.4 Galvanizado de la tubería.	89
1.4.1 Galvanizado por inmersión en caliente.	89
1.4.1.1 Galvanizado por vía seca	
y galvanizado por vía	
húmeda.	91
1.4.2 Preparación superficial.	93
1.4.2.1 Desengrasado.	94

1.4.2.2 Decapado acido.	95
1.4.3 Bano de galvanizado.	99
1.4.4 Enfriamiento.	105
1.4.5 Ensayo de los recubrimientos galvanizados.	106
1.4.5.1 Peso del recubrimiento.	107
1.4.5.2 Adherencia y ductilidad del recubrimiento.	115
1.5 Tipos de tuberia galvanizada que se fabrican el pais.	117
2.- TRABAJO EXPERIMENTAL.	120
2.1 Seleccion de muestras.	120
2.1.1 Procedencia de la tuberia.	120
2.1.2 Tipo de tuberia.	120
2.1.3 Diametros nominales.	122
2.1.4 Volumen de la muestra.	123
2.1.5 Designacion de los tubos probeta.	125
2.2 Control de calidad de la tuberia segun normas INEN.	125
2.2.1 Control del material del tubo.	127
2.2.2 Control de la soldadura.	127
2.2.2.1 Metodo de ensayo.	127
2.2.2.2 Probetas.	129
2.2.2.3 Instrumental.	133

2.2.2.4 Resultados,	133
2.2.3 Prueba hidrostática,	133
2.2.3.1 Metodo de ensayo,	133
2.2.3.2 Probetas,	137
2.2.3.3 Instrumental,	137
2.2.3.4 Resultados,	137
2.2.4 Control del tubo terminado,	137
2.2.4.1 Espesor de pared del tubo, ...	141
2.2.4.1.1 Resultados,	144
2.2.4.2 Diametro exterior del tubo, ...	144
2.2.4.2.1 Resultados,	144
2.2.4.3 Masa del tubo,	147
2.2.4.3.1 Resultados,	147
2.2.4.4 Calibración de la rosca,	148
2.2.4.4.1 Resultados,	152
2.2.4.5 Longitud el tubo,	152
2.2.4.5.1 Resultados,	156
2.2.5 Control del galvanizado,	156
2.2.5.1 Determinación de la masa depositada por unidad de superficie. Metodo gravimétrico,	156
2.2.5.1.1 Metodo de ensayo, ..	156
2.2.5.1.2 Probetas,	159
2.2.5.1.3 Instrumental,	160
2.2.5.1.5 Resultados,	163
2.2.5.2 Determinación del espesor de	

recubrimiento.	164
2.2.5.2.1 Resultados.	174
2.2.5.3 Determinacion de la adherencia..	174
2.2.5.3.1 Metodo de ensayo. ..	174
2.2.5.3.2 Probetas.	177
2.2.5.3.3 Instrumental.	177
2.2.5.3.4 Procedimiento.	177
2.2.5.3.5 Resultados.	178
3.- EVALUACION DE RESULTADOS.	181
3.1 Material del tubo.	181
3.2 Cordon de soldadura.	182
3.3 Prueba hidrostática.	185
3.4 Control del tubo terminado.	185
3.4.1 Espesor de pared del tubo.	185
3.4.2 Diametro exterior del tubo.	194
3.4.3 Masa del tubo.	202
3.4.4 Calibracion de la rosca.	203
3.4.5 Longitud del tubo.	211
3.5 Control del galvanizado.	216
3.5.2 Masa de recubrimiento por unidad de superficie.	216
3.5.2 Espesor de recubrimiento.	221
3.5.3 Adherencia del recubrimiento.	226

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	227
--------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA.	233
--------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la zona de estudio.

Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 6. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 7. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 8. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 10. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 11. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 12. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 13. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 14. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 15. Diagrama de flujo de la metodología.

Figura 16. Diagrama de flujo de la metodología.

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- Guía utilizada entre estaciones de conformado.	44
Figura 2.- Máquina con ejes en voladizo para perfilado (una estación de conformado).	47
Figura 3.- Máquina universal para perfilado, con soportes exteriores para los ejes.	49
Figura 4.- Secuencias típicas para el conformado de tubería soldada longitudinalmente.	56
Figura 5.- Aplicaciones de la soldadura por alta frecuencia.	62
Figura 6.- Efecto de la frecuencia sobre la profundidad de la corriente de penetración en varios metales a	

diversas temperaturas.	64
Figura 7.- Restricción en la trayectoria de flujo de la corriente de alta frecuencia por el efecto de proximidad del conductor de retorno.	66
Figura 8.- Profundidad de corriente y distribución adyacente a varios conductores de proximidad.	68
Figura 9.- Circuito básico para un oscilador en el rango de 200 a 500 KHz. .	77
Figura 10.- Soldadura del cordón longitudinal utilizando soldadura por inducción con corriente de alta frecuencia.	85
Figura 11.- Soldadura del cordón longitudinal utilizando soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia.	85
Figura 12.- Efecto del tiempo de inmersión en la masa del recubrimiento para aceros calmados y aceros efervescentes.	102

Figura 13.- Efecto de la velocidad de extracción en la masa del recubrimiento. .	104
Figura 14.- Medidor Tynsley de lapicero. Se muestra la forma exterior, la aguja magnética y el montaje del muelle.	111
Figura 15.- Modelo de utilización del medidor de balanza magnética.	111
Figura 16.- Medidor de espesores basado en el principio de inducción magnética.	113
Figura 17.- Esquema de funcionamiento del medidor de espesores basado en la dispersión de radiaciones beta.	116
Figura 18.- Ensayo de aplastamiento para tubos de acero de sección circular.	130
Figura 19.- Secuencia de operaciones para el ensayo de aplastamiento.	132
Figura 20.- Prensa hidráulica.	134
Figura 21.- Prueba hidrostática.	138

Figura 22.- Calibración de rosca cónica con calibrador de anillo.	151
Figura 23.- Composición química de los tubos- probeta ISO LIGHT-2. Fábricas X, Y, Z.	183
Figura 24.- Composición química de los tubos- probeta ISO LIGHT-1. Fábricas X.	184
Figura 25.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 2. (Tamaño nominal : 15).	188
Figura 26.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 2. (Tamaño nominal : 20).	189
Figura 27.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 2. (Tamaño nominal : 25).	190
Figura 28.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 15).	191
Figura 29.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 20).	192

Figura 29.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 20).	192
Figura 30.- Espesor de pared de los tubos- probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 25).	193
Figura 31.- Diámetro exterior de los tubos- probeta ISO-LIGHT 2. (Tamaño nominal : 15).	196
Figura 32.- Diámetro exterior de los tubos- probeta ISO-LIGHT 2. (Tamaño nominal : 20).	197
Figura 33.- Diámetro exterior de los tubos- probeta ISO-LIGHT 2. (Tamaño nominal : 25).	198
Figura 34.- Diámetro exterior de los tubos- probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 15).	199
Figura 35.- Diámetro exterior de los tubos- probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 20).	200
Figura 36.- Diámetro exterior de los tubos-	

probeta ISO-LIGHT 1. (Tamaño nominal : 25).	201
Figura 37.- Masa por unidad de longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 15).	205
Figura 38.- Masa por unidad de longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 20).	206
Figura 39.- Masa por unidad de longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 25).	207
Figura 40.- Masa por unidad de longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-1. (Tamaño nominal : 15).	208
Figura 41.- Masa por unidad de longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-1. (Tamaño nominal : 20).	209
Figura 42.- Masa por unidad de longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-1. (Tamaño nominal : 25).	210
Figura 43.- Longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 15).	212

Figura 44.- Longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 20).	213
Figura 45.- Longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 25).	214
Figura 46.- Longitud de los tubos-probeta ISO LIGHT-1. (Tamaño nominal : 15, 20 y 25).	215
Figura 47.- Masa de recubrimiento de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 15).	217
Figura 48.- Masa de recubrimiento de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 20).	218
Figura 49.- Masa de recubrimiento de los tubos-probeta ISO LIGHT-2. (Tamaño nominal : 25).	219
Figura 50.- Masa de recubrimiento de los tubos-probeta ISO LIGHT-1. (Tamaño nominal : 15, 20 y 25).	220
Figura 51.- Espesor de recubrimiento de los	

tubos-probeta	ISO-LIGHT 2.	
(Tamaño nominal : 15).		222

Figura 52.- Espesor de recubrimiento de los

tubos-probeta	ISO-LIGHT 2.	
(Tamaño nominal : 20).		223

Figura 53.- Espesor de recubrimiento de los

tubos-probeta	ISO-LIGHT 2.	
(Tamaño nominal : 25).		224

Figura 54.- Espesor de recubrimiento de los

tubos-probeta	ISO-LIGHT 1.	
(Tamaño nominal : 15, 20 y 25).		225

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.- Composición química de flejes de acero al carbono laminado en caliente para caños y tubos. ..	33
Tabla 2.- Relaciones entre diámetro de tubo a distancia entre los bordes, para soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia.	58
Tabla 3.- Velocidades de soldadura para ductos y tuberías de varios espesores de pared utilizando soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia. .	84
Tabla 4.- Tamaños nominales de la tubería producida en el país.	124
Tabla 5.- Tubos probeta. Tipos, tamaños nominales, procedencia y número.	126

Tabla 6.-	Composición química. Tuberías ISO LIGHT-1 e ISO LIGHT-2.	128
Tabla 7.-	Tubería liviana. Distancia entre chapas para el ensayo de aplastamiento.	131
Tabla 8.-	Resultados del ensayo de aplastamiento para el control de la soldadura.	135
Tabla 9.-	Resultados del ensayo de presión hidrostática.	139
Tabla 10.-	Espesor de pared del tubo. Resultados.	142
Tabla 11.-	Diámetro exterior del tubo. Resultados.	145
Tabla 12.-	Masa por unidad de longitud del tubo. Resultados.	149
Tabla 13.-	Calibración de la rosca. Resultados.	153
Tabla 14.-	Longitud del tubo. Resultados.	157
Tabla 15.-	Masas antes y después del ataque ácido. Pérdida de masa. Diámetros	

exterior e interior. Longitud,	
Area recubierta, y Masa por Area	
Unitaria del Recubrimiento de zinc,	
para las muestras extraídas de los	
tubos-probeta.	165
Tabla 16.- Masa de recubrimiento por unidad	
de superficie. Resultados.	172
Tabla 17.- Espesor de recubrimiento.	
Resultados.	175
Tabla 18.- Determinación de la adherencia.	
Resultados.	179
Tabla 19.- Tolerancias en el espesor de pared.	
Tubería liviana 1 y Tubería	
liviana 2.	186
Tabla 20.- Tolerancias en el diámetro exterior	
Tubería liviana 1 y Tubería	
liviana 2.	195
Tabla 21.- Tolerancias en la masa por unidad	
de longitud. Tubería liviana 1 y	
Tubería liviana 2.	204

INDICE DE ABREVIATURAS

El	problema de la contaminación ambiental
Sr	ácido sulfúrico
Sr	ácido sulfúrico
C	Carbono
°C	Grados centígrados
Kg/cm ²	Kilogramos por centímetro cuadrado
Kg/m	Kilogramos por metro
m/min	Metros por minuto
Mn	Manganeso
mm	Milímetros
Si	Silicio
HFV	Soldadura con corriente de alta frecuencia
HFV	Soldadura por inducción con corriente de alta frecuencia
HFV	Soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia

Por otro lado, no debe olvidarse que la calidad de los productos obtenidos depende del consumo de energía eléctrica utilizada en el proceso.

cuantificar los productos y los niveles de producción
el producto "normalizado" según el estándar.

ahí la introducción de INTRODUCCION

regular la producción y el comercio.

El proceso de normalización técnica, está pasando
sino, además de una etapa de reserva y conocimiento
rápidamente desde una etapa de reserva y conocimiento
los sectores.

Únicamente de los expertos a una fase de penetración
en el dominio público.

Los mismos institutos de Normalización prácticamente
desconocidos con anterioridad han pasado a ser
noticia. Este fenómeno se debe a la creciente
preocupación de los gobiernos, del comercio y de la
industria, en el incremento de la productividad y en
la apertura de nuevos mercados para su
comercialización.

La competencia cada vez más dura entre producciones
similares requiere complacer, en primer término al
consumidor, a fin de crear y mantener la demanda, para
lo cual se requiere elevar los niveles de calidad y
disminuir los precios.

Por otra parte no sólo conviene producir buena
calidad, sino hacer patente este hecho ante el
consumidor. Las normas técnicas establecen y

CAPITULO I GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIA:

1.1 MATERIAL BASE UTILIZADO Y ESPECIFICACIONES.

1.1.1 MATERIALES APTOS PARA GALVANIZAR.

Son susceptibles de galvanización la mayor parte de los aceros suaves al carbono (bien sean efervescentes o calmados con silicio y aluminio), los aceros de alta resistencia y baja aleación, así como los distintos tipos de fundiciones.

El procedimiento de obtención del acero, es decir, que sea Siemens-Martins, de convertidor o acero eléctrico, no influye apreciablemente sobre la velocidad de ataque por el zinc.

Lo que si condiciona claramente la velocidad de

ésta reacción, es el contenido de los elementos aleantes habitualmente presentes en los aceros, esto es : carbono, manganeso, fósforo, silicio y azufre. El efecto más acusado lo produce el silicio, seguido por el carbono y después por el manganeso. La influencia del silicio es especialmente acusada por encima del 0,12 %.

Los aceros que contienen menos de 0,25 % de carbono, menos de 1,35 % de manganeso y menos de 0,05 % de silicio, individualmente o combinados, son generalmente adecuados para la galvanización utilizando técnicas convencionales.

Cuando se usan temperaturas normales de galvanización, el carbono hasta 0,20 % en el acero virtualmente no tiene efecto sobre las características del recubrimiento de zinc. Sobre 0,20 % de carbono hay un aumento acelerado de la reacción entre zinc y acero, la que se hace considerable por sobre 0,30 %. La formación de un espesor excesivo de recubrimiento se inhibe con temperaturas de galvanización reducidas y al adición al baño de pequeñas cantidades de aluminio.

El silicio es, de todos los elementos normalmente presentes en el acero, el que tiene efecto más intenso en la reacción hierro-zinc. Un contenido de silicio por debajo de 0,02 %, tiene muy pequeño efecto, pero a medida que el silicio aumenta, el ataque del zinc al hierro aumenta rápidamente hasta cerca de 0,09 % de silicio, punto en el que la tendencia se invierte a aproximadamente la misma tasa hasta llegar a 0,25 % desde donde, invirtiéndose de nuevo, muestra un ataque continuamente creciente.

Debido a que frecuentemente se producen recubrimientos galvanizados bien balanceados en aceros con contenidos de silicio entre 0,15 y 0,25 %, a veces se supone que cualquier contenido de silicio hasta 0,25 % produce recubrimientos normales. Sin embargo, de hecho, se pueden producir capas excesivas de aleación y una apariencia gris opaca en la cercanía de 0,09 % de silicio.

Un contenido de manganeso superior a lo normal parece incrementar algo el ataque del zinc al

acero a temperaturas de galvanización normales. Sin embargo, se encuentra un aumento extremo y desfavorable de esa reacción si el contenido de silicio es también alto. Para esos aceros, el ataque del zinc al acero es mucho mayor que para aceros de contenido normal de manganeso que tengan contenido de silicio mayor que el normal.

El azufre y el fósforo normalmente están presentes en el acero en muy pequeñas cantidades que no afectan significativamente la reacción hierro-zinc. Sin embargo, los segregados que contienen altas concentraciones de estos elementos, cuando se encuentran en la superficie pueden ser problemáticos pues el zinc derretido los ataca con preferencia. Este ataque da origen a la formación de manchas oscuras y rugosas en la superficie del recubrimiento.

En nuestro país, los fabricantes toman como referencia la norma JIS G 3132 "Flejes de acero al carbono laminado en caliente para caños y tubos", la cual especifica la composición química de las distintas clases de

aceros utilizados en la fabricación de tubería galvanizada. (TABLA I).

El acero Clase 1, se utiliza para tubería negra y galvanizada para uso general, tal como son los tubos ISO LIGHT-2 y ASTM A-120. El acero Clase 2, se utiliza exclusivamente para tubería negra de uso general, tal como son los tubos ISO LIGHT-1, ISO LIGHT-2, ASTM A-120 y ASTM A-510.

CLASE 3

El acero Clase 3, se utiliza para tubería galvanizada, tal como son los tubos ISO de todas las series y tubos ASTM A-53 (Grado A). El acero Clase 4, se utiliza para tubería galvanizada, tal como son los tubos ISO de todas las series y tubos ASTM A-53 (Grado B).

1.2 CONFORMADO DE LA TUBERIA.

1.2.1 Perfilado.

El perfilado (también conocido como conformado en frío), es un proceso para el conformado de láminas de metal o flejes a una forma deseada

TABLA I.

COMPOSICION QUIMICA DE FLEJES DE ACERO AL CARBONO LAMINADO EN
CALIENTE PARA CANOS Y TUBOS. NORMA JIS G 3132.

CLASE	SIMBOLO	COMPOSICION QUIMICA (PORCENTAJE)				
		C	Si	Mn	P	S
1	SPHT 1	0,10 MAX.	0,04 MAX.	0,25 - 0,50 MAX.	0,040 MAX.	0,040 MAX.
2	SPHT 2	0,18 MAX.	0,35 MAX.	0,25 - 0,60 MAX.	0,040 MAX.	0,040 MAX.
3	SPHT 3	0,25 MAX.	0,35 MAX.	0,30 - 0,90 MAX.	0,040 MAX.	0,040 MAX.
4	SPHT 4	0,30 MAX.	0,35 MAX.	0,30 - 1,00 MAX.	0,040 MAX.	0,040 MAX.

de sección recta uniforme por medio de la alimentación del fleje longitudinalmente a través de una serie de estaciones de conformado equipadas con rodillos conformadores (algunas veces llamados troqueles de conformado).

La mayoría del perfilado se realiza trabajando el fleje progresivamente en dos o más estaciones hasta que se consiga la sección recta final.

El proceso es particularmente apropiado para la producción - con tolerancias mínimas - de componentes o productos de gran longitud y en cantidades apreciables con un mínimo de manipuleo.

Ciertas operaciones auxiliares, tales como : marcado, acanalado, taladrado, grabado en relieve, doblado y embobinado, pueden fácilmente ser combinadas con el perfilado.

Las marcas y las perforaciones pueden realizarse incorporando punzones o troqueles en la herramienta de corte.

El perforado de material de poco espesor (menos de 0,508 mm - 0,20 pulgadas - por ejemplo) puede ejecutarse en un equipo de perfilado utilizando rodillos perforadores. Estos rodillos son costosos, pero son compatibles con altas velocidades de conformado, y algunas veces los rodillos perforadores son más económicos que un dado oscilante.

La ejecución de operaciones de soldadura conjuntamente con el perfilado es una práctica común, particularmente en la soldadura continua de un cordón para producir tubería a partir de flejes o bobinas.

La principal desventaja de combinar operaciones auxiliares con el perfilado es que en muchas ocasiones toda la operación debe realizarse a una velocidad inferior. Así, cada aplicación debe ser estudiada individualmente para determinar si es más económico perfilar tan rápido como sea posible y realizar las operaciones auxiliares separadamente, o sacrificar algo de la velocidad potencial de conformado por la inclusión de una o más

operaciones auxiliares.

En muchas ocasiones, en el conformado de secciones rectas simples a partir de metales que tienen buena formabilidad, la inclusión de operaciones auxiliares no es económica.

El perfilado sólo puede ejecutarse a velocidades tan altas como varias decenas de metros por minuto, y muchas de las operaciones auxiliares disminuirían ésta velocidad potencial a una velocidad antieconómica.

Alternativamente, si el espesor, la formabilidad o la complejidad de la sección recta son tales que se imponen severas restricciones en la velocidad de conformado, una o más operaciones auxiliares pueden ser entonces económicamente factibles.

1.2.1.1 Aplicabilidad. Los aceros inoxidables y

algunos tipos de cobre y aluminio son

Es posible perfilar todos los metales

que pueden ser deformados, por

cualquiera de los procesos comunes de

conformado.

36

resistencia al trabajo de tracción.

La formabilidad del metal de trabajo controla la severidad y la velocidad permisible del perfilado. Por ejemplo, la velocidad a la cual el grado más suave de tira de aluminio puede ser perfilada, puede ser tan grande como 400 veces la velocidad permitida para el perfilado de un fleje de titanio en una sección recta similar.

El ángulo de doblado es una función de la resistencia al trabajo de tracción.

El perfilado de secciones rectas que involucran doblado en ciento ochenta grados es una práctica común al trabajar con metales suaves, tales como aluminio, mientras que sería inusual el doblado de titanio a más de noventa grados. El ángulo de doblado es una función de la resistencia al trabajo de tracción.

El tipo de herramienta es una función de la resistencia al trabajo de tracción.

Los aceros al carbono laminados en frío o en caliente, los aceros inoxidable y las aleaciones de cobre y aluminio son perfilados en grandes cantidades.

1.2.1

Los metales menos conformables, tales como titanio y las aleaciones

resistentes al calor a base de níquel, son los que con menor frecuencia pueden ser conformados por este proceso. El fleje que ha sido revestido con vinil o con algún otro recubrimiento orgánico, o con metal depositado por electroplaqueado, inmersión en caliente o por cualquier otra técnica, también puede ser perfilado.

Sin embargo, para evitar la pérdida de adhesión o cualquier otro daño al recubrimiento, la severidad del conformado es usualmente menor que con el metal desnudo, dependiendo del material, espesor y método del revestimiento. También debe prestarse especial atención al diseño y acabado superficial del herramental, la velocidad de conformado, la selección y aplicación del lubricante.

1.2.1.2 Rango de espesores del material de trabajo.

El rango del espesor del material de

trabajo que puede ser perfilado sólo se puede dar en una forma aproximada. Artículos tales como cintas de flexómetros y tubería de radiadores de cobre se fabrican usualmente con láminas de un espesor de 0,1016 a 0,127 mm. (0,004 a 0,005 pulgadas). En el extremo opuesto, los canales y las secciones Z se producen en acero de más de 7,9248 mm. (0,312 pulgadas) de espesor.

El máximo espesor de sección que puede ser perfilado está usualmente limitado por el tamaño de la maquinaria disponible y la cantidad de esfuerzos que los ejes y cojinetes pueden soportar. La longitud de sección recta que puede ser perfilada está limitada por las facilidades para el manipuleo de las secciones conformadas.

1.2.1.3 Secciones rectas.

Bajo las más favorables condiciones (disponibilidad de equipo y

formabilidad del material de trabajo) , es posible perfilar cualquier sección recta. Sin embargo, la formabilidad del material de trabajo y el número de estaciones conformadoras disponibles pueden imponer limitaciones en la complejidad o severidad del perfilado.

En el perfilado, todos los dobleces son paralelos uno con respecto al otro y en la misma dirección longitudinal. Sin embargo, se pueden añadir aditamentos a una máquina de perfilado, los cuales podrán conformar la pieza de trabajo en forma de anillo ó aro.

1.2 Las zapatas de doblado o dobladoras tipo rodillo montadas en una máquina producen la curvatura deseada después de que se ha obtenido la forma de la sección recta. También hay disponibles máquinas especiales de embobinado, las cuales embobinan y cortan las secciones rectas perfiladas a una longitud conveniente o pre-establecida. Los aros de llantas para automóviles son

de los típicos ejemplos de piezas que son
formadas longitudinalmente, pasadas a
través de un doblador y cortadas. lugar.
El ajuste de la máquina para el ajuste
1.2.1.4 Materia Prima.

El fleje para el perfilado, usualmente
se recibe en bobinas. Así, se necesita
un montacargas para levantar las
bobinas de los soportes y transferirlas
a una plataforma o un carrete.
Los carretes están equipados con un eje
expandible que se ajusta en el diámetro
interno de la bobina y con un freno de
fricción. Este se utiliza para evitar
que la bobina alimente el fleje a una
velocidad elevada en el caso de una
súbita parada del equipo de perfilado.

1.2.2 Guías de entrada.
Las guías de entrada antes de la primera
estación de conformado aseguran el correcto
alineamiento del material de trabajo al entrar
en los rodillos primarios. La forma más simple

de guía de entrada consiste en una placa plana con un canal maquinado al ancho y profundidad apropiados para aceptar el fleje en su lugar. El montaje de ésta guía debe permitir el ajuste tanto vertical como lateral.

Ocasionalmente se usan frenos en el fleje, con el fin de conseguir una ligera tensión y para que la alimentación sea uniforme a través de las primeras estaciones. Las guías entre las estaciones de conformado facilitan la entrada del fleje parcialmente formado a la siguiente estación.

En teoría, si los rodillos están diseñados apropiadamente, las guías entre las estaciones son innecesarias, debido a que cada juego de rodillos debería aceptar la sección recta que viene del juego precedente.

En la práctica, sin embargo, debido a factores tales como costo y disponibilidad de espacio o equipo, el número de estaciones de conformado, generalmente es menor que el número ideal, requiriendo así más deformación en cada estación que aquella que es consistente con la

mejor práctica.

Por lo tanto, el uso de guías entre las estaciones ayuda a compensar la falta de estaciones adicionales y para minimizar la recuperación elástica.

Rara vez se requiere que las guías entre las estaciones estén en contacto pleno con el contorno de la pieza de trabajo. Sólo deben estar en contacto con los puntos críticos. A pesar de su forma, las guías deberían ser diseñadas con porciones superiores desarmables con el fin de facilitar el montaje. Una guía típica usada para una pieza acanalada se muestra en la Figura 1.1.

Se pueden usar varios metales para guías, dependiendo del uso final de la pieza de trabajo.

Para las áreas en contacto con la pieza de trabajo en movimiento, el uso de acero templado (usualmente, acero de bajo carbono endurecido superficialmente) es preferible desde el punto de vista de tiempo de vida de la guía. Sin

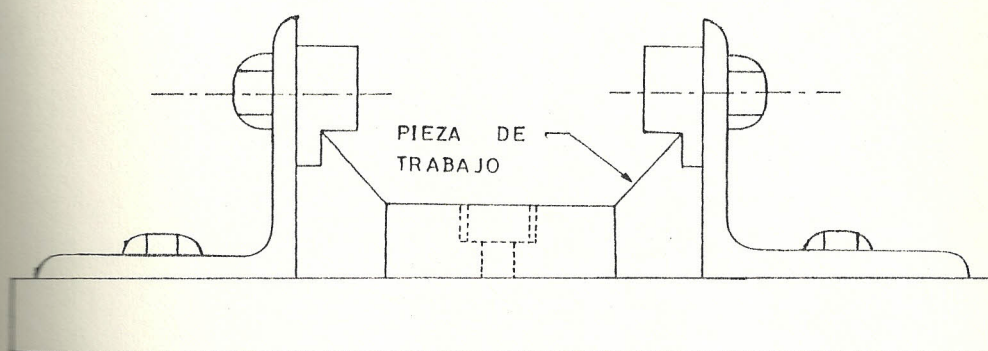


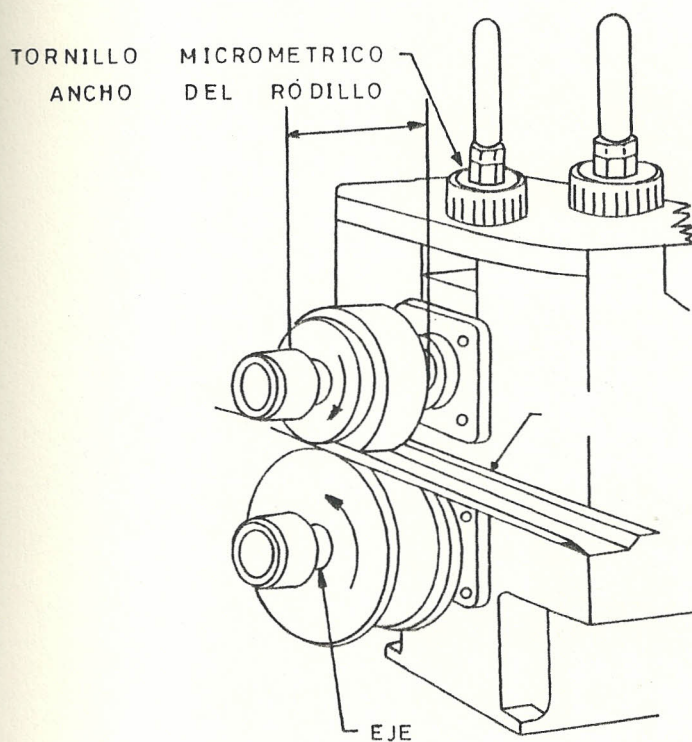
Figura 1. Guía utilizada entre estaciones de conformado

embargo, cuando el acabado de la pieza de trabajo es crítico, y si las guías de acero templado rayan la superficie, se utilizan guías de bronce o aluminio. Para algunos trabajos, el cromado duro de las guías disminuye el daño a las superficies de las piezas de trabajo e incluso provee un aceptable tiempo de vida de la guía.

1.2.3 Máquinas.

Las máquinas usadas para el perfilado están disponibles con diámetros de ejes de 25 a 381 mm. (1 a 15 pulgadas) y con capacidades de ancho de 101,6 a 1524 mm. (4 a 60 pulgadas).

El número de estaciones de conformado varía de 1 a 40 para la mayoría de las máquinas, aunque el número de estaciones que pueden usarse está limitado sólo por los requerimientos. La mayoría de éstas máquinas son construídas con unidades individuales (estaciones de conformado) , de modo que la instalación inicial pueda ser limitada a las necesidades inmediatas, y se puedan añadir unidades adicionales cuando éstas se requieran. Los



FÍGURA 2 - MAQUINA CON EJES EN VOLADIZO
PARA PERFILADO

requieren para el conformado de flejes de anchos superiores a los 152.4 mm. (6 pulgadas) y espesores mayores de 1.016 mm (0.040 pulgadas). Un tipo universal de máquina de perfilado que tiene ejes soportados en ambos extremos se muestra en la Figura 1.3.

Estas máquinas están disponibles con ejes de diámetros en el rango de 12.7 a 76.2 mm. (0.5 a 3 pulgadas) y varias longitudes de eje como se requiera. Estas se adaptan mejor al conformado de flejes con espesores no mayores de 4.76 mm. (3/16 de pulgada).

1.2.3.1 Diseño de los rodillos.

Como se muestra en la Figuras 1.2 y 1.3, los rodillos formadores principales están montados en dos ejes horizontales.

EXTERIORES PARA LOS EJES

Usualmente ambos rodillos son conducidos positivamente, aunque para algunas aplicaciones un rodillo es conducido y el otro es un rodillo de

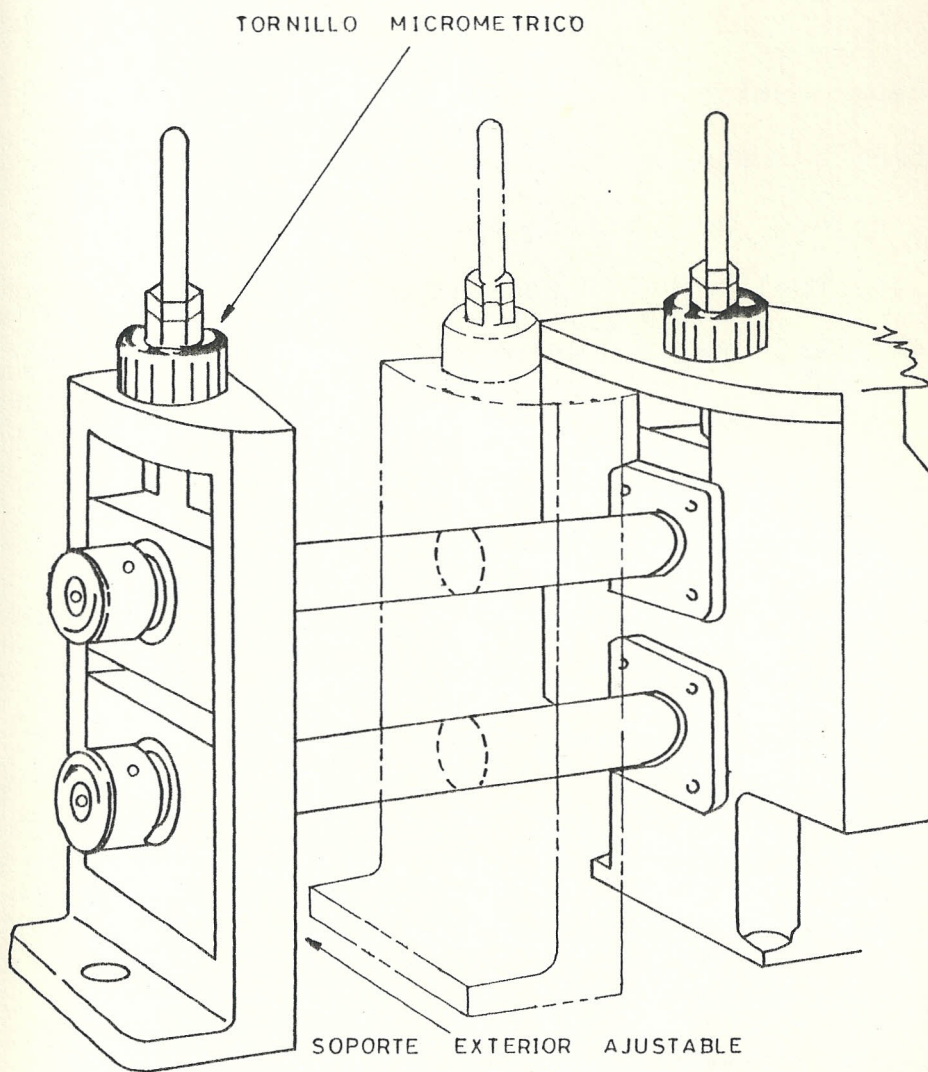


FIGURA 3 - MAQUINA UNIVERSAL PARA PERFILADO CON SOPORTES
EXTERIORES PARA LOS EJES.

rotación libre.

La eficiencia del perfilado puede ser generalmente incrementada añadiendo rodillos laterales, los cuales pueden ser rodillos de rotación libre colocados entre o al lado de las estaciones formadoras o ser positivamente conducidos como estaciones formadoras separadas.

Los diámetros y las velocidades de los rodillos superiores e inferiores pueden ser los mismos para formar contornos angostos. Para formar secciones profundas, sin embargo, es usualmente deseable tener el paso diametral del rodillo superior más grande que el del rodillo inferior.

1.2.3.2 Rodillos auxiliares.

Muchas operaciones de perfilado pueden realizarse más eficientemente cuando se montan rodillos auxiliares entre o al lado de las estaciones principales de

conformado.

Muchos rodillos auxiliares son rodillos de rotación libre, aunque algunos son conducidos positivamente.

Para formas tales como tubería, los rodillos de rotación libre realizan gran parte del conformado. Estos rodillos son mucho más satisfactorios que las guías, las cuales pueden causar excesivo calor por la fricción. El montaje de los rodillos de rotación libre es su mayor fuente de problemas, debido a que el espacio en la máquina puede ser limitado.

1.2.4 Equipo de enderezado.

Usualmente es necesario enderezar la pieza de trabajo después de la estación final de conformado. Esto se hace por medio de guías standard de enderezado incorporadas a la máquina después del último juego de rodillos o por dispositivos especiales diseñados para aplicaciones individuales.

Las guías de enderezado son usualmente ajustables tanto vertical cuanto lateralmente.

1.2.5 Equipo de corte.

Debido a que la mayoría de los productos perfilados son fabricados a partir de bobinas, es necesario un sistema de corte de las piezas perfiladas a las longitudes requeridas. Las cizalladoras de hoja volante se construyen en varios tipos y tamaños.

La cizalladora de troquel deslizantes es la más comúnmente usada. La acción de ésta máquina es similar a la de una prensa de punzón, aunque la construcción de la máquina es diferente. Se utilizan embragues tanto mecánicos cuanto neumáticos en una cizalladora de troquel deslizante.

Se prefiere el embrague de aire, debido a que sus ciclos son más uniformes que aquellos del embrague mecánico. Una barra accionadora con un tope ajustable que determina el tamaño de la pieza de trabajo se coloca en el dado del

extremo de salida. La pieza de trabajo pasa a través del dado y hace contacto con el tope de la barra accionadora, haciendo que el dado se mueva hacia adelante a la misma velocidad de la pieza de trabajo. El movimiento del dado libera la prensa, cortando la pieza de trabajo a la longitud requerida.

El dado es entonces liberado y regresa a su posición original por medio de un resorte o un cilindro de aire, y la longitud cortada cae dentro de un camión o es retirada por un transportador.

Generalmente se usan absorbedores de choque para detener y frenar el dado a medida que regresa a su posición. Cuando el metal de trabajo es lo suficientemente grueso para tener una buena resistencia a la flexión, el procedimiento descrito rara vez causará serios problemas, particularmente cuando una tolerancia razonable en la longitud de corte es permisible.

Las tolerancias pequeñas incrementan los problemas de corte por el método del dado

móvil. Por ejemplo, cuando la velocidad del metal de trabajo es de 0,6096 metros por segundo (120 pies por minuto) una variación de 0,01 segundos en el ciclo de corte dará como resultado un error de 6,096 mm. (0,24 pulgadas) en la longitud de corte. Las variaciones en la longitud de corte usualmente varían de +/- 1,58 a +/- 6,35 mm (+/- 1/16 a +/- 1/4 de pulgada) dependiendo principalmente de la velocidad de conformado.

1.2.6 Conformado de tuberías y ductos.

1.2.6.1 Tubos y ductos soldados longitudinalmente.

Los tubos y ductos soldados longitudinalmente, son conformados por tres métodos :

Conformado de los bordes.

Conformado del centro.

Conformado al radio verdadero.



El conformado de los bordes y el conformado del centro (Figuras 1.4A y B) requieren un juego completo de rodillos para cada diámetro de tubos, debido a que las estaciones que preceden a la soldadura tienen el radio final en los contornos del rodillo.

En el conformado al radio verdadero (Figura 1.4C), los rodillos conformadores pueden ser usados para varios diámetros, lo cual reduce el costo del herramental y el tiempo de puesta a punto. Para todos los tres métodos de producción de tubería soldada, los rodillos se dividen en rodillos conformadores y en rodillos de dimensionamiento.

El conformado generalmente se realiza en las tres o cuatro primeras estaciones, como se indica en la Figura 1.4. La distancia óptima entre los bordes del fleje en la estación final de acabado (estaciones 6, 7 y 5 en las Figuras 1.4A, B y C respectivamente)

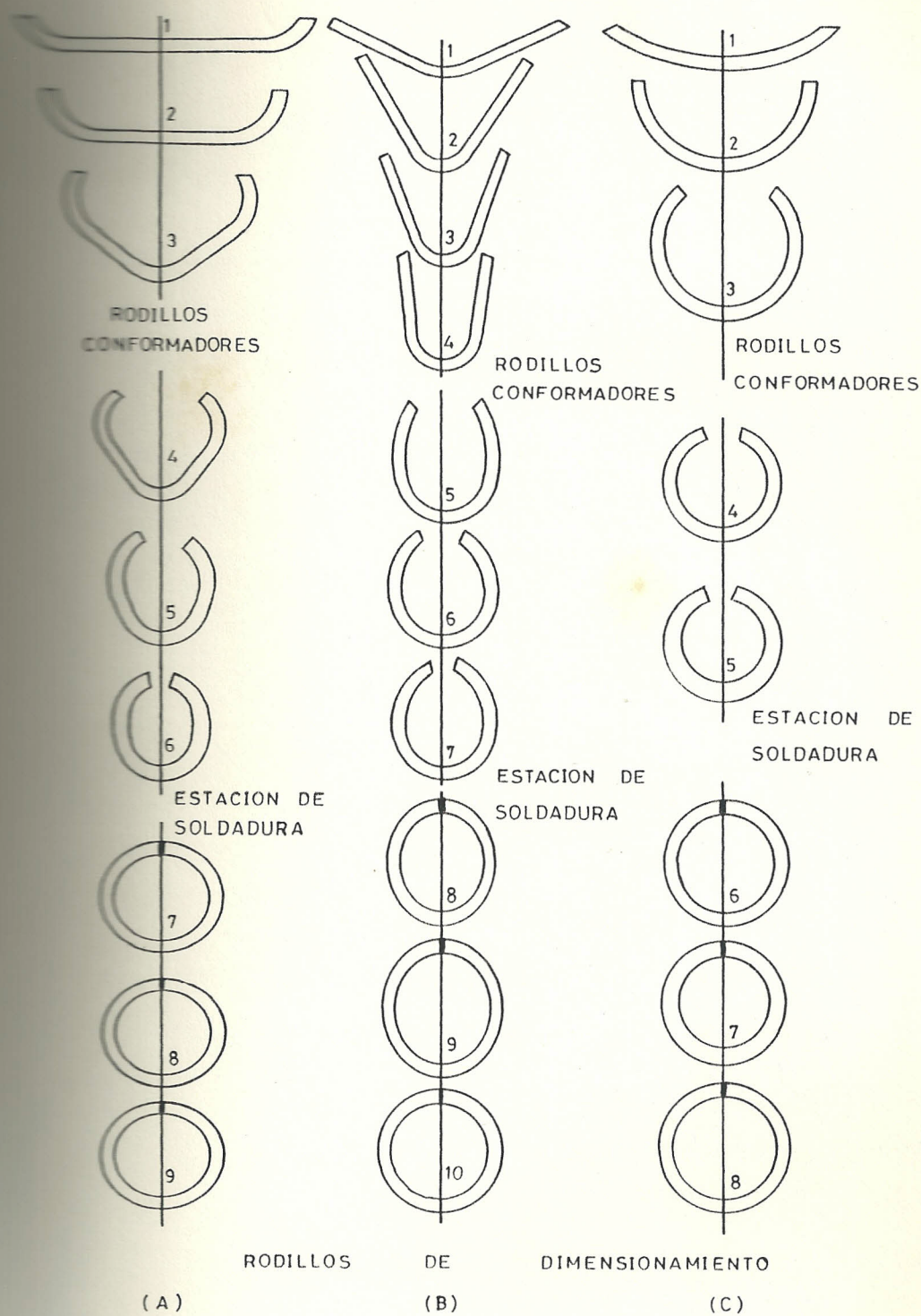


FIGURA 4 - SECUENCIAS TÍPICAS PARA EL CONFORMADO DE TUBERÍA SOLDADA LONGITUDINALMENTE

es afectada por el método de soldadura y por el diámetro del tubo.

RELACIONES ENTRE
SOLDADURA

Para soldadura por resistencia, sin embargo, las relaciones de diámetro de tubo a distancia entre los bordes son conocidas y se muestran en la Tabla 2.

DIÁMETRO

MILIMETROS

10

25

51

100

Las tuberías de grandes diámetros algunas veces requieren una máquina con diámetro de eje de 304 a 355 mm. (12 a 14 pulgadas). La velocidad de producción está controlada por el espesor y el tipo de material de trabajo. El aluminio puede ser conformado y soldado a una velocidad de 1,27 metros por segundo (120 pies por minuto) mientras que la tubería de titanio es producida a una velocidad de sólo 0,762 centímetros por segundo (18 pulgadas por minuto).

La operación de soldadura es generalmente la limitación principal en la velocidad a la cual puede producirse tubería por perfilado.

El aceite soluble es el lubricante más práctico para el conformado de tubería, y se lo usa para disminuir el rozamiento. Comúnmente se usa una mezcla de 25 a 40 partes de agua por una parte de aceite.

Puede esperarse una larga vida de los rodillos al producir tubería redonda. Se considera normal la producción de 900.000 a 1.200.000 metros de tubería entre cada rectificación.

1.3 SOLDADO DE LA TUBERIA.

1.3.1 Soldadura por alta frecuencia.

La soldadura por alta frecuencia incluye aquellos procesos en los cuales la coalescencia de los metales se produce por el calor generado por la resistencia eléctrica de la pieza de trabajo al flujo de una corriente de alta frecuencia con o sin la aplicación de una fuerza conformadora.

Hay dos procesos que utilizan corriente de alta frecuencia para producir el calor para la soldadura :

1. Soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia. (HFRW).
2. Soldadura por inducción con corriente de alta frecuencia. (HFIW).

El calentamiento de la pieza de trabajo en el área de soldadura y la soldadura resultante son esencialmente idénticos en ambos procesos.

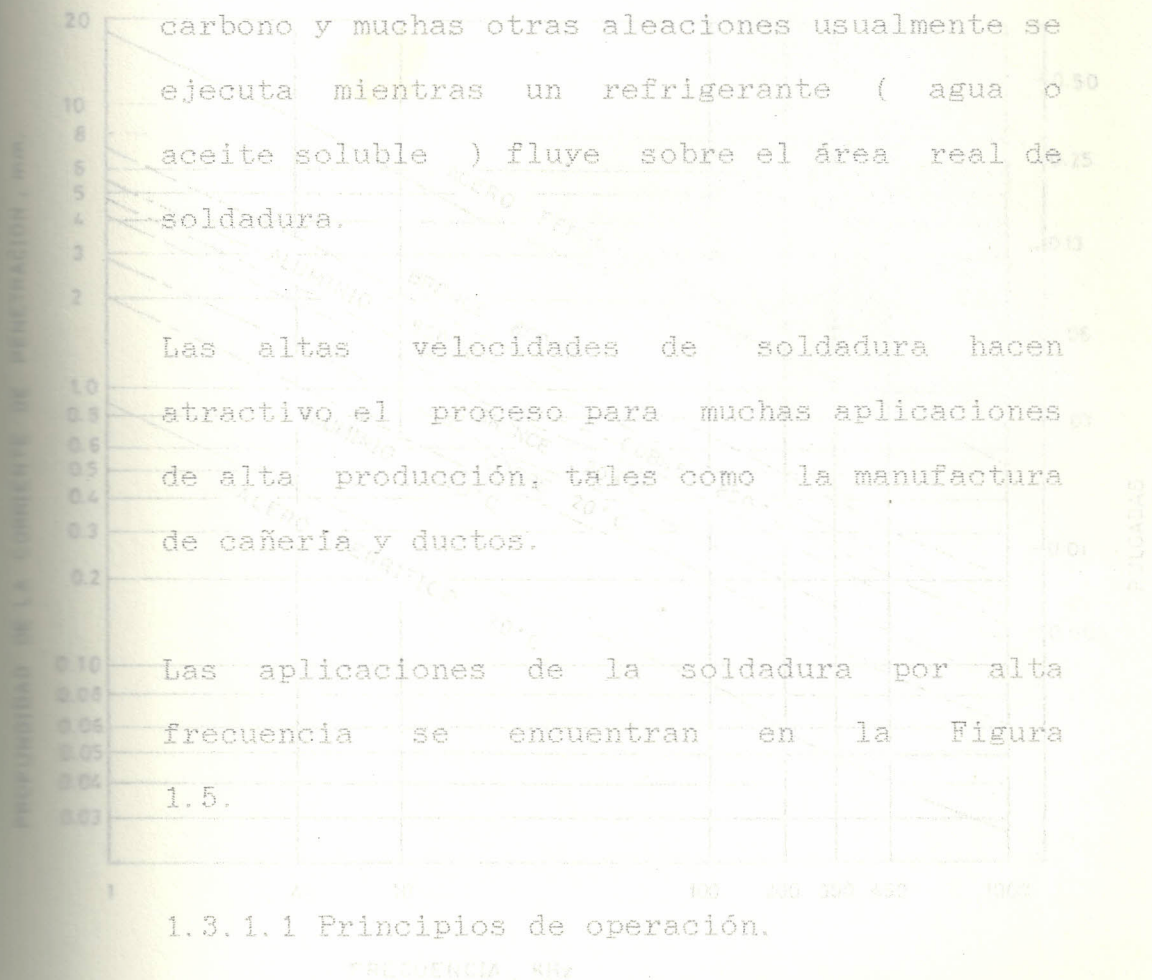
Con HFRW, la corriente es conducida hacia la pieza de trabajo a través de contactos eléctricos que la tocan físicamente. Con HFIW, la corriente es inducida en la pieza de trabajo por medio de una bobina externa de inducción. No hay contacto físico o eléctrico con la pieza de trabajo.

Con los procedimientos convencionales de soldadura por resistencia, la corriente es normalmente de 60 Hz, alterna o continua.

La velocidad de soldadura depende del espesor y del tipo de metal. La soldadura de aceros al carbono y muchas otras aleaciones usualmente se ejecuta mientras un refrigerante (agua o aceite soluble) fluye sobre el área real de soldadura.

Las altas velocidades de soldadura hacen atractivo el proceso para muchas aplicaciones de alta producción, tales como la manufactura de cañería y ductos.

Las aplicaciones de la soldadura por alta frecuencia se encuentran en la Figura 1.5.



1.3.1.1 Principios de operación.

La corriente de alta frecuencia en los metales conductores tiende a fluir por la superficie del material a profundidades relativamente bajas.

FIGURA 1.5 EFECTO DE LA FRECUENCIA SOBRE LA PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN EN METALES

Esto es llamado comúnmente el efecto de piel. La Figura 1.6. muestra la disminución en la profundidad de

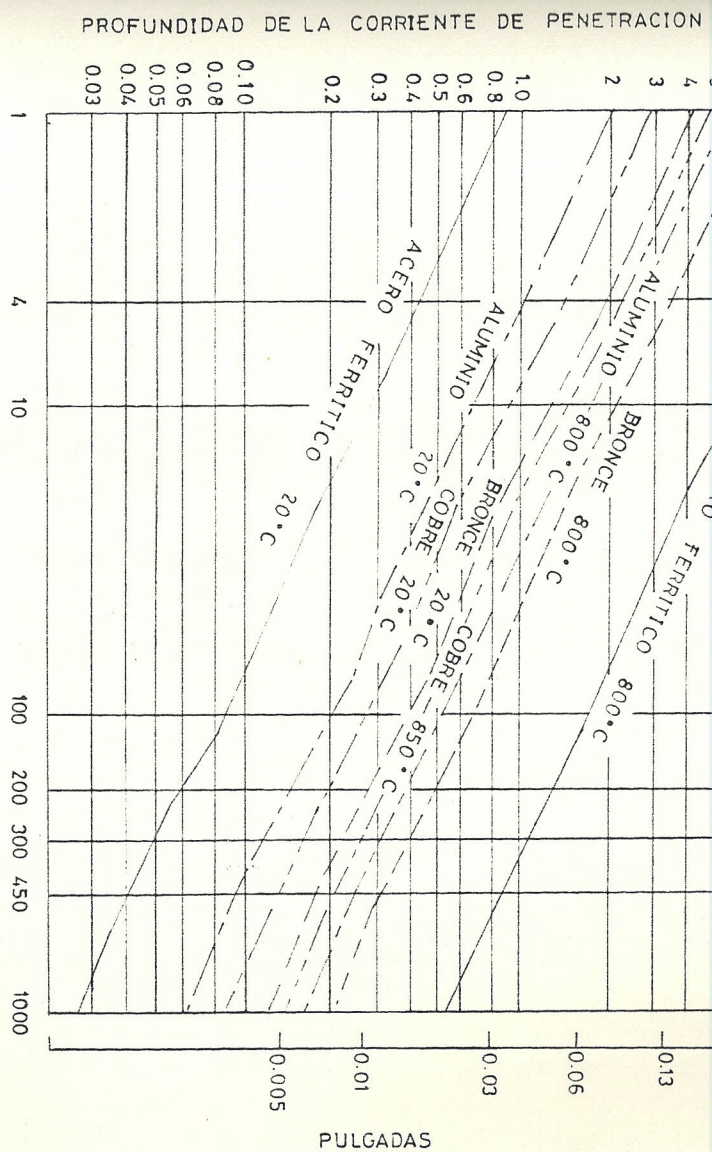


FIGURA 6 - EFECTO DE LA FRECUENCIA SOBRE LA PROFUNDIDAD DE LA CORRIENTE DE PENETRACION EN VARIOS METALES A DIVERSAS TEMPERATURAS

penetración de la corriente de alta frecuencia en varios metales al aumentar la frecuencia a temperatura ambiente y a temperatura elevada. Por ejemplo, la profundidad de penetración en acero a 800 grados Centígrados es aproximadamente 0,762 mm. (0,03 pulgadas) con 500 KHz y cerca de 6,35 mm. (0,25 pulgadas) con 10 KHz.

En la pieza de trabajo puede controlarse la trayectoria de la corriente de alta frecuencia, por cualquier variación en la inductancia del circuito o por la cercanía de la trayectoria de retorno o ambos. Este fenómeno, llamado el efecto de proximidad, se ilustra en la Figura 1.7.

Ambos efectos, el de piel y el de proximidad se vuelven más pronunciados al incrementar la frecuencia. Por lo tanto, la resistencia efectiva de la trayectoria de corriente en el metal de trabajo aumenta como una función del

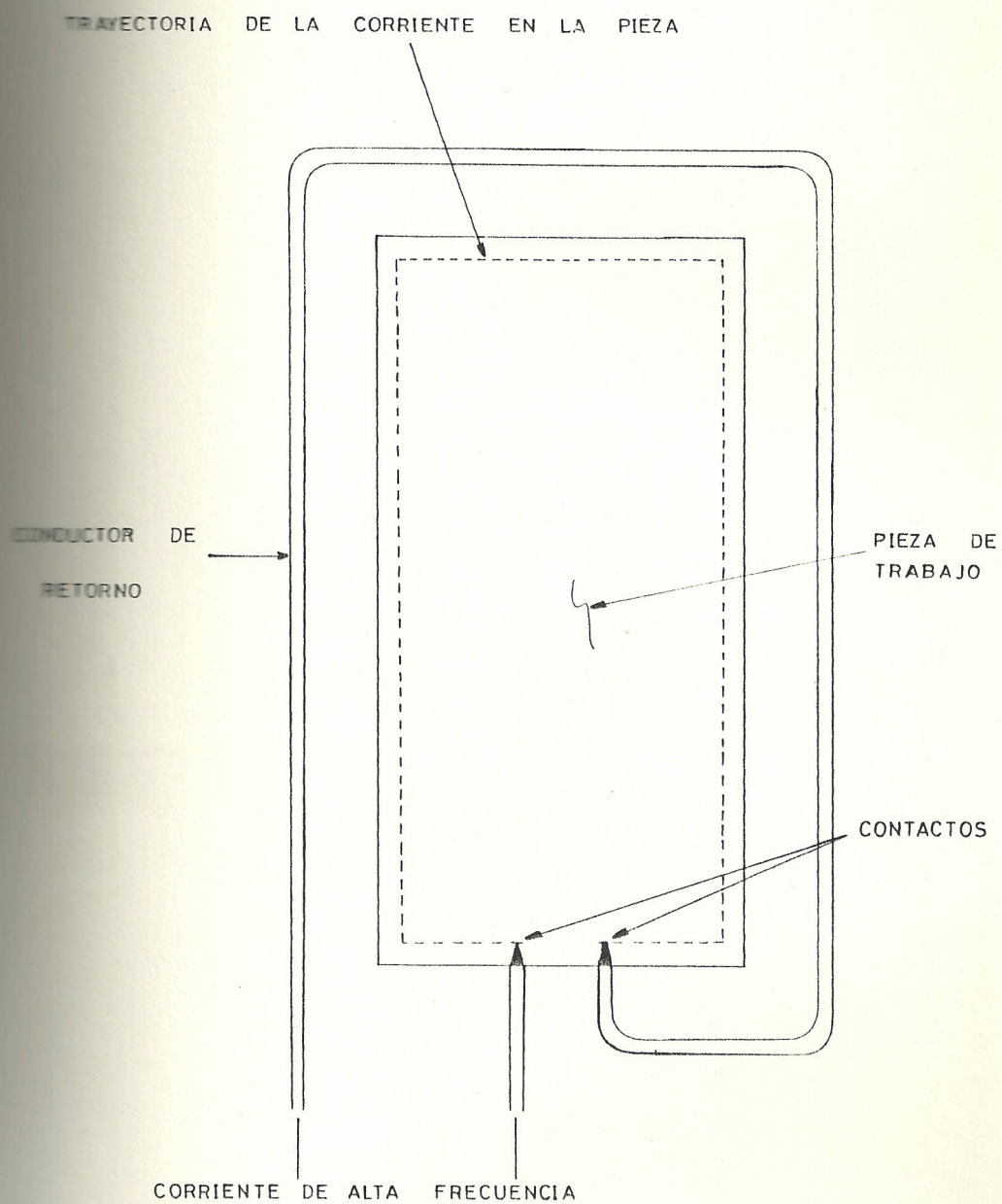


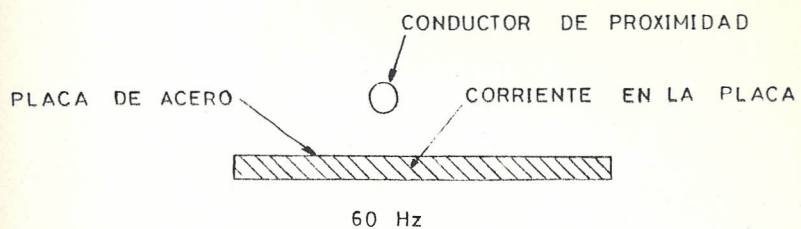
FIGURA 7 - RESTRICCION EN LA TRAYECTORIA DE FLUJO DE LA CORRIENTE DE ALTA FRECUENCIA POR EL EFECTO DE PROXIMIDAD DEL CONDUCTOR DE RETORNO

incremento de la frecuencia.

A medida que aumenta la frecuencia, la corriente es confinada a un área pequeña, cercana a la superficie. La concentración de corriente es ventajosa porque pueden conseguirse velocidades de calentamiento extremadamente altas en una trayectoria muy localizada.

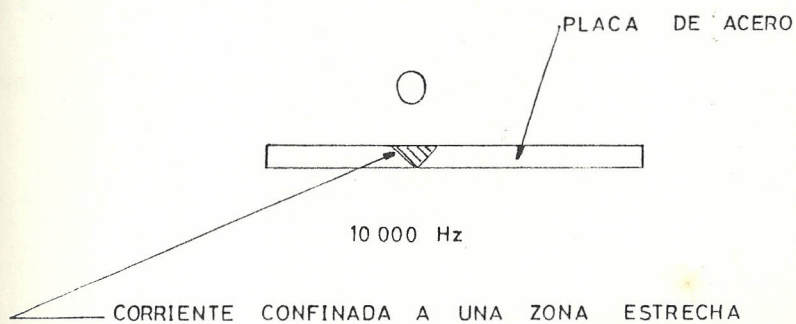
La Figura 1.8, compara patrones de corriente en la pieza a frecuencias de 6.000 a 10.000 Hz. También muestra el efecto de la forma y de la localización del conductor de proximidad. En la Figura 1.8A, una placa de acero de 6,35 mm. (1/4 de pulgada) de espesor actúa como un conductor para una corriente de 60 Hz.

El conductor de retorno es un tubo de cobre colocado muy cerca y paralelamente a la placa. La corriente de 60 Hz. que fluye en la placa de acero viaja en sentido contrario a la corriente en el conductor de proximidad

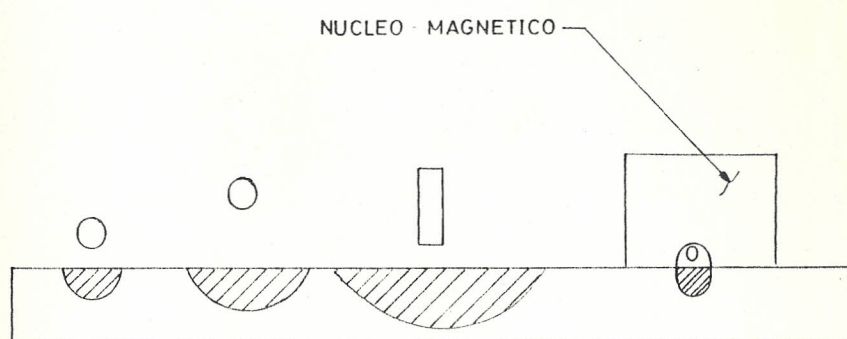


LA CORRIENTE FLUYE A TRAVES DE TODA EL AREA SIN
NINGUN EFECTO DEBIDO AL CONDUCTOR DE PROXIMIDAD

(A)



(B)



EFFECTO DE LA FORMA DEL CONDUCTOR DE PROXIMIDAD,
DE LA LOCALIZACION Y DEL USO DE UN NUCLEO
MAGNETICO EN CORRIENTE A 10000 Hz.

(C)

FIGURA 8 - PROFUNDIDAD DE CORRIENTE Y DISTRIBUCION ADYACENTE

A VARIOS CONDUCTORES DE PROXIMIDAD

adyacente. En este caso de 60 Hz., el tamaño y la forma del conductor de proximidad tienen un efecto despreciable en la distribución de la corriente en la placa de acero. Como resultado la corriente de 60 Hz. fluye casi completamente a través de la sección recta de la placa, tal como se muestra.

Cuando una corriente de 10.000 Hz. se aplica al mismo sistema, tal como se muestra en la Figura 1.8B, la corriente en la pieza está confinada en una banda relativamente estrecha inmediatamente debajo del conductor de proximidad.

La forma y los campos magnéticos del conductor de proximidad tienen considerable efecto en la distribución de la corriente en la pieza, pero no tienen efecto en la profundidad de la corriente de penetración.

La Figura 1.8C, muestra dos conductores de proximidad a diferentes distancias

de la pieza. Mientras más cerca esté el conductor de proximidad, la corriente estará más confinada. También se muestra un conductor de proximidad rectangular y un conductor de proximidad circular. Los dos conductores pueden ser unidos en la forma de una V. La base menor del conductor de proximidad rectangular y el conductor de proximidad circular, están situados a la misma distancia de la pieza de trabajo. En este caso, la distribución de corriente en la pieza será bien ancha, debido a la altura del conductor. Si ambos conductores son placas colocadas una junto a la otra, en un plano con un pequeño huelgo entre ellas, el efecto de proximidad hará que los dos bordes adyacentes se calienten. El efecto de piel confinará la corriente en el metal en esos bordes.

Casi todas las técnicas de soldadura de alta frecuencia emplean alguna fuerza para que los metales calentados entren en contacto íntimo durante la

coalescencia. Los arcos voltaicos

1.3.1.2 Preparación de los bordes.

En la soldadura de cordones continuos, los extremos de las partes a ser unidas se colocan juntas en la forma de una V. La forma de la V es importante para producir soldadura satisfactorias.

Normalmente, la línea de producción se ajusta para producir una V con un ángulo de 4 a 7 grados. Si el ángulo es menor que 4 grados, el vértice (punto de soldadura), no estará en un punto fijo, y se producirá una soldadura inconsistente a lo largo de la unión. También puede producirse la formación de arcos voltaicos a través de la V, antes del punto de soldadura.

El uso máximo del efecto de proximidad está limitado en la soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia, debido a que la separación del fleje debe ser la suficiente para

impedir la formación de arcos voltaicos a través de la V.

No es deseable tal formación debido a que causa un calentamiento no uniforme del fleje y puede perforar los extremos a ser unidos. La tendencia para formar arcos voltaicos y la separación del fleje, requerida para impedir tal fenómeno, varían con las condiciones de soldadura y con los metales a ser soldados. El alineamiento de la unión soldada es importante, y ésta debe mantenerse apretada hasta que se enfríe.

1.2. Las variaciones en la separación y longitud de la V durante la soldadura serán la causa de los correspondientes cambios en la cantidad de potencia tomada de la fuente de poder y en el calor desarrollado en los bordes.

La variación en el ancho de la V, cambia la profundidad de calentamiento y la distribución de corriente y la

temperatura superficial final de los bordes. La formación de arcos voltaicos cerca de la apertura de la V. Para producir soldaduras consistentes, el ancho de la V y la distancia desde el contacto a la apertura de la misma, deben ser cuidadosamente controlados. El desalineamiento causará un calentamiento desigual de las superficies a soldarse.

Un desalineamiento angular serio puede causar una excesiva fusión de los bordes y la formación de arcos voltaicos cerca de la apertura de la V.

1.3.1.3 Accesorios.

El diseño apropiado de los accesorios y el herramental es crítico para la aplicación exitosa de la soldadura por alta frecuencia.

El alineamiento preciso de los bordes del material debe ser controlado completamente durante el proceso de

3.2 soldadura. Algunas aplicaciones del proceso HFW incluyen la formación de tubería a partir de flejes gruesos, los cuales requieren herramental de precisión para producir un cordón de soldadura aceptable.

El desalineamiento de los bordes puede causar un calentamiento no uniforme, lo que da como resultado soldaduras de baja calidad. Casi todas las variaciones de soldadura por alta frecuencia emplean presión para producir una soldadura de buena calidad. En las soldaduras continuas o estáticas, se forma una rebaba de metal en el área de soldadura cuando se usa presión. La rebaba de metal puede no ser removida, dependiendo del uso del producto.

En productos soldados continuamente, tales como tubería, la rebaba es continuamente removida de ambos lados de la soldadura por equipo de biselado o aplanado.

1.3.2 Equipo.

1.3.2.1 Fuentes de poder.

Las unidades que proveen potencia de alta frecuencia incluyen motores - generadores e inversores de estado sólido para frecuencias por sobre los 10 KHz, y osciladores de tubos de vacío para frecuencias de 100 a 500 KHz.

Los osciladores de tubos de vacío están disponibles en tamaños que varían de 1 a 600 Kw. de potencia de salida con frecuencias en el rango de 200 a 500 KHz.

La figura 1.9, muestra el circuito básico para un oscilador en el rango de 200 a 500 Hz. El transformador y el rectificador se utilizan para transformar el voltaje de la línea a alto voltaje, y la potencia de la línea a potencia de corriente continua para el circuito del oscilador.

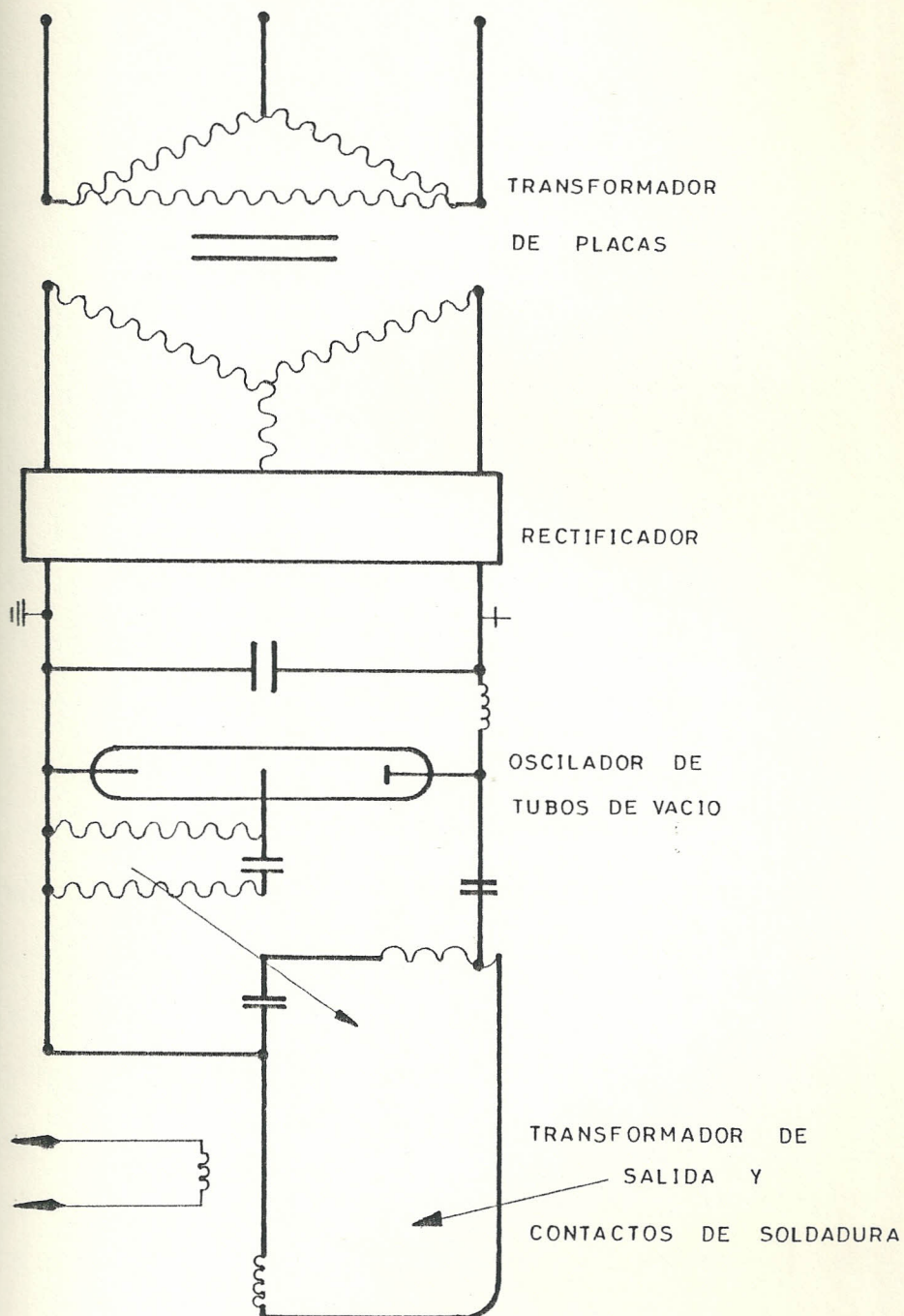


FIGURA 9 - CIRCUITO BASICO PARA UN OSCILADOR EN EL RANGO DE 200 A 500 KHZ.

El circuito del oscilador convierte la corriente continua a corriente de alta frecuencia para el transformador de salida. El transformador de salida convierte la potencia de alto voltaje y bajo amperaje a la potencia de bajo voltaje y alto amperaje, necesaria para la soldadura.

Para frecuencias en el rango de 3 a 10 KHz, la potencia de soldadura, usualmente es producida por un inversor de estado sólido que opera con corriente continua proveniente de un rectificador.

Estos inversores han remplazado las fuentes de potencia motor - alternador o motor - generador. El inversor del equipo es un dispositivo de estado sólido en el cual se encienden los rectificadores controlados por silicón mediante un circuito de tiempo, generando así una corriente de alta frecuencia.

1.3.3 Ventajas y limitaciones.

El proceso de soldadura por alta frecuencia ofrece varias ventajas sobre el proceso convencional de soldadura por resistencia de 60 Hz.

Una característica de ambos procesos, es que pueden producir soldaduras con muy estrechas zonas afectadas por el calor. La corriente de soldadura de alta frecuencia tiende a fluir sólo cerca de la superficie del metal debido al efecto de piel, asimismo, fluye a lo largo de una trayectoria estrecha debido al efecto de proximidad.

El calor para la soldadura, por lo tanto, se desarrolla en un pequeño volumen de metal a lo largo de los bordes a ser soldados. Una estrecha zona afectada por el calor es deseable, porque tiende a dar una soldadura más fuerte que con una zona más ancha producida por otros procesos de soldadura.

Una ventaja primordial de HFW es la capacidad

de soldar una forma dada de tubo con menos potencia que la requerida con potencia de 60 Hz. También puede ser usada para soldar formas de tubo muy finas. Otra ventaja del proceso de alta frecuencia es que reduce los problemas de contacto eléctrico.

Debido a que todos los metales tienen óxido en su superficie, los productos comerciales de metal pueden tener una película de óxido o corrosión de apreciable espesor.

A bajas frecuencias, el contacto tiene que romper esta película y hacer contacto con el metal. de otra manera, un calentamiento considerable resultará de la resistencia por contacto. Con potencia de alta frecuencia, el voltaje es alto y hay una formación continua de arcos voltaicos o perforado de las películas superficiales bajo contacto.

La mayoría de la corriente es conducida por el arco. En cualquier caso, el contacto no necesita romper la película de óxido. Se

necesita sólo la presión suficiente en los contactos para asegurar un contacto continuo con la superficie. Esta capacidad hace posible soldar materiales delgados sin doblarlos o destruirlos.

Tanto como 60 % de la energía tomada de las líneas de potencia puede aparecer como calor útil en la pieza. Debido a que el tiempo a la temperatura de soldadura es muy corto y el calor es localizado, la oxidación y la decoloración del metal así como la distorsión de las partes es mínima.

Como con cualquier proceso, también hay limitaciones. Debido a que el proceso utiliza calor localizado en el área de la unión, se requiere una preparación apropiada de la misma. El proceso está limitado al uso de fleje tubular, con una simetría de la unión, constante a través de la longitud de soldadura.

Cualquier interrupción en la trayectoria de la corriente o cambio de la forma de la unión puede causar problemas significativos. También, se deben tomar precauciones especiales

para proteger a los operadores y al personal de planta de los peligros de la corriente de alta frecuencia.

pode.

Dado que el equipo opera en el rango de frecuencias de radio, debe tomarse especial cuidado en la instalación, operación y mantenimiento para evitar interferencia por radiación en las vecindades de la planta.

1.3.4 Soldadura de tubos y ductos.

Una de las principales aplicaciones del proceso continuo de soldadura por alta frecuencia es la soldadura a alta velocidad del cordón longitudinal de ductos y tuberías. Se aplica a ductos y tuberías sean éstos ferrosos o no ferrosos. Pueden aplicarse ambos procesos : HFRW y HFIW, como se muestra en las Figuras 1.10 y 1.11.

El calentamiento de los bordes puede conseguirse tan rápidamente que es posible utilizar velocidades de soldadura muy altas, mucho más que con soldadura por arco.

Las velocidades de soldadura para ductos y tuberías de acero o aluminio de varios espesores de pared, utilizando una fuente de poder de 160 Kw., 400 Hz., se dan en la Tabla III.

1.3.4.1 Soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia.

La soldadura por resistencia con corriente de alta frecuencia se utiliza para producir tubos y ductos, cuyos diámetros varían en el rango de 12,7 y 1270 mm. (0,5 y 50 pulgadas) y con un espesor de pared desde 0,254 hasta 25,4 mm. (0,010 pulgadas hasta 1 pulgada). Cualquier metal puede ser soldado utilizando esta técnica. Las velocidades de soldadura varían desde 0,127 a 0,508 metros por segundo (25 a 100 pies por minuto) dependiendo del metal y del tamaño del producto.

Una corriente de alta frecuencia de aproximadamente 400 KHz. se introduce

TABLA III

VELOCIDADES DE SOLDADURA PARA DUCTOS Y TUBERIAS DE VARIOS ESPESORES DE PARED
UTILIZANDO SOLDADURA POR RESISTENCIA CON CORRIENTE DE ALTA FRECUENCIA.

ESPESOR DE PARED CORRIENTE MILIMETROS (PULGADAS)	VELOCIDAD DE SOLDADURA	
	METROS POR SEGUNDO (PIES POR MINUTO)	
	ACERO	ALUMINIO
0,762 (0,03)	4,572 (900)	5,08 (1000)
1,524 (0,06)	2,540 (500)	3,048 (600)
2,540 (0,10)	1,524 (300)	1,828 (360)
4,064 (0,16)	0,889 (175)	1,143 (225)
6,350 (0,25)	0,508 (100)	0,635 (125)

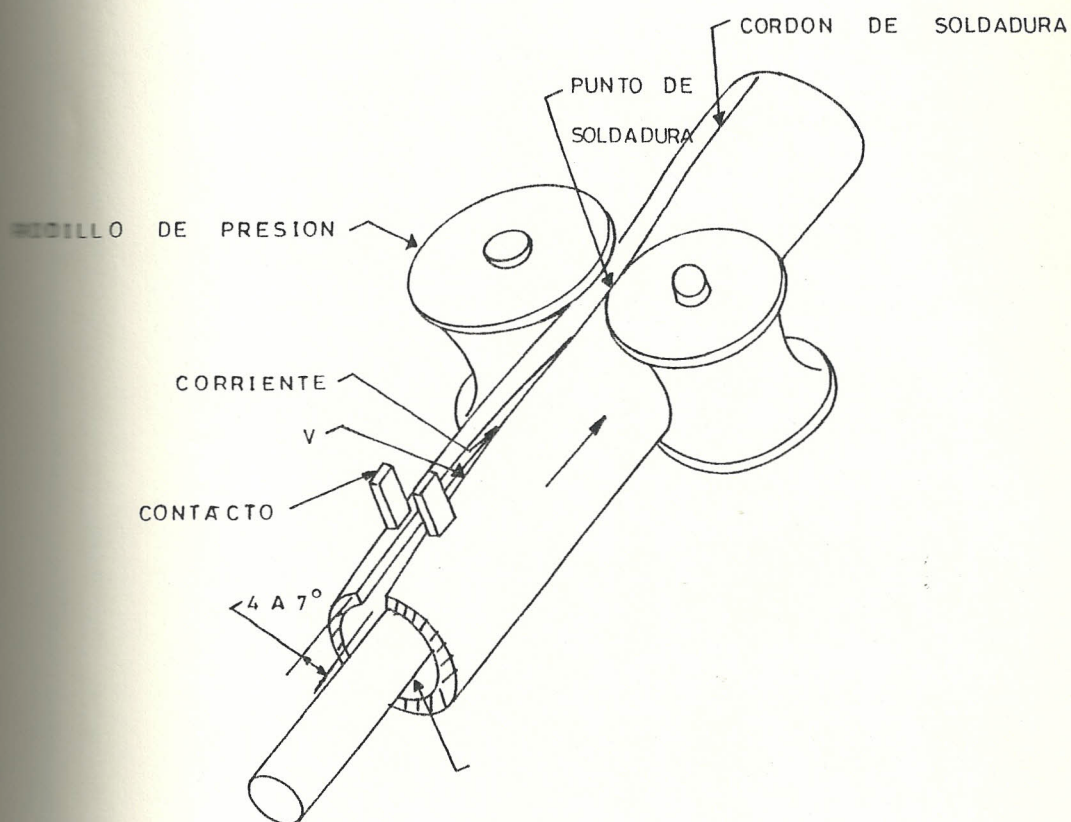


FIGURA 10 - SOLDADURA DEL CORDON LONGITUDINAL UTILIZANDO
SOLDADURA POR RESISTENCIA CON CORRIENTE DE
ALTA FRECUENCIA

en la pieza de trabajo con un par de pequeños contactos deslizantes a ambos lados del cordón a ser soldado, tal como se muestra en la Figura 1.10. Las superficies a soldarse son colocadas a un ángulo de aproximadamente 4 a 7 grados.

La resistencia del metal al flujo de la corriente calienta los bordes a poca profundidad.

La velocidad de soldadura y el nivel de potencia se ajustan de tal manera que los dos bordes están a la temperatura de soldadura cuando se los coloca juntos.

En este punto, los rodillos de presión forzan los bordes calientes uno contra otro para producir la soldadura.

El metal caliente, que contiene impurezas en las superficies a soldarse, es lanzado fuera en ambas direcciones como rebaba, la cual es

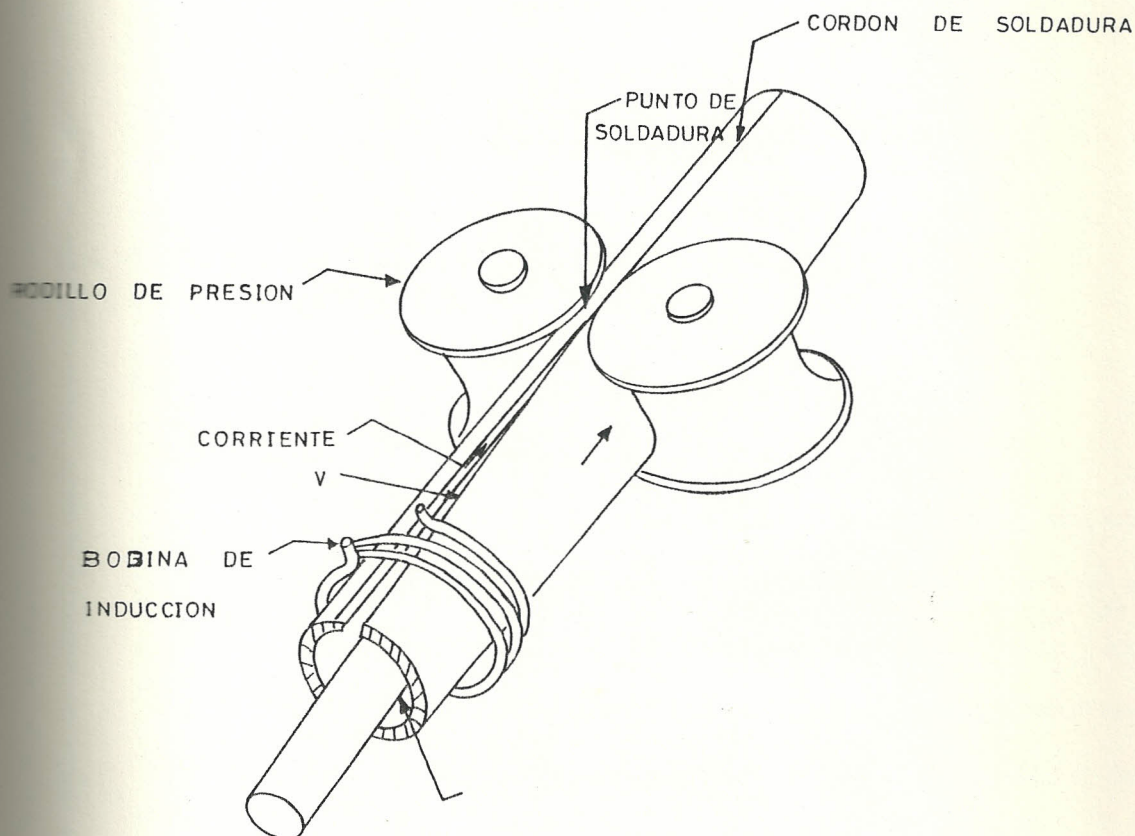


FIGURA 11 - SOLDADURA DEL CORDON LONGITUDINAL UTILIZANDO
SOLDADURA POR INDUCCION CON CORRIENTE DE
ALTA FRECUENCIA

fluye alrededor de la superficie exterior del tubo y a lo largo de los bordes de la unión, y los calienta a la temperatura de soldadura. Se realiza la soldadura en la misma manera que con la soldadura HFRW para tubos.

1.4 GALVANIZADO DE LA TUBERIA.

1.4.1 Galvanizado por inmersión en caliente.

El galvanizado por inmersión en caliente es un proceso en el cual un recubrimiento adherente y protector de zinc y compuestos de zinc se deposita en las superficies de los productos de hierro y acero por medio de la inmersión de éstos en un baño de zinc fundido.

El recubrimiento protector usualmente consiste de varias capas, tal como se muestra en la Figura 1.14. Las más cercanas al metal base están formadas por compuestos hierro - zinc, las cuales, a su vez, están cubiertas por una capa exterior constituida enteramente por zinc.

Diferencias pequeñas en la composición del

recubrimiento, en la temperatura del baño, en el tiempo de inmersión y en la velocidad de enfriamiento, dan como resultado cambios significativos en la apariencia y en las propiedades del recubrimiento.

Los recubrimientos galvanizados se aplican al hierro y al acero principalmente para proteger al metal base contra la corrosión. La utilidad de los recubrimientos galvanizados obtenidos por inmersión en caliente, depende de lo siguiente :

- a) La relativamente baja velocidad de corrosión del zinc comparada con la del acero.
- b) La protección electrolítica suministrada al metal base cuando se daña el recubrimiento.
- c) La durabilidad del recubrimiento de zinc y las capas intermetálicas hierro - zinc.
- d) La relativa facilidad y bajo costo de pintar el recubrimiento de zinc cuando es necesario prolongar la vida de la estructura, lo cual, usualmente se hace después de 15 a 25 años

de servicio - libre de mantenimiento - en atmósferas rurales e industriales ligeras.

Puede esperarse un largo tiempo de servicio útil de los recubrimientos de zinc obtenidos por galvanización en caliente en áreas rurales donde la concentración de dióxido de azufre y otros contaminantes industriales es baja.

Aunque la expectativa de vida útil del recubrimiento galvanizado en ambientes industriales más severos no es tan grande como aquella en los ambientes mencionados anteriormente, todavía se lo usa extensamente, debido a que no hay otro método de protección más efectivo y económico.

En casos que involucren condiciones particularmente severas, generalmente se seleccionan recubrimientos ligeramente superiores al standard mínimo de 610 gramos por metro cuadrado establecido en la norma ASTM A-123 o también se recurre al pintado de los recubrimientos galvanizados.

1.4.1.1 Galvanizado por vía seca y galvanizado

La solución acuosa de fundente en conjunto con la capa de fundente en el baño de zinc, es brillante. En el galvanizado se genera un depósito de material, principalmente en las piezas. Las piezas se manejan mecánicamente utilizando grúas o con herramientas manuales. Generalmente éstas son sacudidas o centrifugadas a medida que abandonan el baño de zinc, con el fin de remover el exceso de zinc y para distribuir uniformemente el recubrimiento. En todos los casos, las piezas deben ser manejadas adecuadamente, hasta que el revestimiento haya solidificado completamente por enfriamiento en agua o en aire.

1.4.2 Preparación superficial.

Las piezas de hierro y acero que van a ser galvanizadas deben estar libres de grasa, aceite, lubricantes y otros contaminantes superficiales antes de la inmersión en el fundente y en el baño de zinc. El proceso de limpieza de las piezas de contaminantes

Una preparación superficial inadecuada es la causa más frecuente de los defectos y de las manchas en el recubrimiento. En el galvanizado por inmersión en caliente, el material, primero es desengrasado y luego decapado en ácido sulfúrico o clorhídrico. Dado que cualquier sal de hierro o partícula presente en la superficie del material forma escorias en el recipiente del galvanizado, cada uno de los pasos de desengraso y decapado va seguido de un enjuague en agua.

1.4.2.1 Desengrasado.

Los contaminantes orgánicos se pueden remover de la pieza de trabajo por varios métodos.

El más común es el uso de baños alcalinos de limpieza, en el rango de 65 a 82 grados Centígrados. Para este propósito puede utilizarse vapor, lo que da como resultado que la solución esté continuamente agitada, factor importante para acelerar el proceso de remoción de los contaminantes

de decapado pueden ser de ácido sulfúrico, 3 a 10 % en peso, o ácido clorhídrico, 5 a 15 % en peso.

Para aumentar la efectividad, las soluciones de ácido sulfúrico se usan en el rango de 60 a 80 grados Centígrados, y las soluciones de ácido clorhídrico generalmente se usan a temperatura ambiente, 24 a 28 grados Centígrados, para evitar la excesiva formación de vapores.

Para evitar el sobredecapado, generalmente se usan inhibidores con las soluciones de ácido clorhídrico y sulfúrico. Aunque el desengrasado, decapado, enjuague con agua y los demás procedimientos de limpieza, remueven la mayoría de los contaminantes superficiales y la cascarilla del metal base, aún quedan cantidades pequeñas de impurezas en forma de óxidos, cloruros, sulfatos y sulfitos.

A menos que sean eliminadas, éstas

impurezas pueden interferir en la reaccion hierro - zinc, cuando la pieza se sumerge en el baño.

En el proceso por via humeda, se usa una capa de fundente en la superficie del baño para eliminar estas impurezas y para mantener la superficie libre de óxidos.

La capa de fundente flota en la superficie, y cuando las piezas se sumergen en el baño, sus superficies se impregnan con el fundente.

Este debe tener la suficiente estabilidad química para mantenerse en la forma de un jabón químicamente activo a la temperatura de galvanizado y para ejecutar su función de agente limpiador a alta velocidad.

El cloruro de amonio - zinc, generalmente se usa para proveer una capa de fundente en el baño de zinc.

Para el galvanizado por vía seca, era común tomar la pieza directamente desde el baño de ácido clorhídrico, secarla, y luego sumergirla en el zinc fundido. Sin embargo, esta práctica genera mucha más escoria que los procedimientos de lavado, inmersión en fundente y secado.

Un método más conocido y que se usa extensamente es : decapado, enjuague, inmersión en un fundente acuoso de cloruro de amonio - zinc, secado e inmersión en el baño de zinc.

Si se utiliza un paso de pre - inmersión en fundente, es posible ejercer un mejor control en la acción del mismo, lo que da como resultado un recubrimiento final más consistente.

Asimismo, el material puede ser almacenado por una o dos horas antes de la inmersión en zinc, lo cual proporciona al galvanizador cierta flexibilidad en el flujo de trabajo en la línea de galvanizado.

1.4.3 Baño de galvanizado.

El baño de zinc fundido opera a temperaturas usualmente en el rango de 445 a 465 grados Centígrados. A 480 grados Centígrados y más, la velocidad de disolución del hierro y del acero en el zinc es extremadamente rápida, y el efecto de estas temperaturas en la pieza y en el tanque de galvanizado generalmente son perjudiciales.

Dentro del rango convencional de temperaturas de galvanizado, un aumento en la temperatura :

- a) Incrementa la fluidez del zinc fundido.
- b) Acelera la formación de óxidos en la superficie del baño.
- c) Calienta la pieza a una mayor temperatura, incrementando así el tiempo requerido para que solidifique el zinc cuando se la extrae del baño.
- d) Reduce el tiempo de inmersión, por lo tanto

incrementa el factor de utilización de la línea de galvanizado.

Cada una de estas consideraciones tiene un distinto efecto y pueden utilizarse para controlar el proceso de galvanizado. Un incremento en la fluidez del baño mejora el escurrimiento y es deseable procurar que la temperatura del baño no exceda el rango normal de operación.

Un incremento en la temperatura del baño produce un gradiente de temperatura más agudo entre la superficie y el centro de la pieza, lo cual, dependiendo de la sección recta, puede dar como resultado un aumento de la distorsión. A menos que el baño contenga aluminio o que su superficie esté bien protegida por una capa de fundente, un aumento en la temperatura de éste, acelera la formación de una película de óxido (o cenizas) en la superficie. Algo de esta película de óxido puede adherirse a la pieza cuando se la extrae del baño, interfiriendo con el escurrimiento y contribuyendo a la formación de un recubrimiento con propiedades estéticas pobres.

Los efectos de éstos óxidos son más aparentes en los elementos de sección recta delgada y gran área superficial. Dependiendo de la composición química del hierro y del acero, la temperatura del baño puede tener efectos metalúrgicos significativos en el recubrimiento galvanizado. La temperatura a la cual se forman las capas de aleación hierro - zinc afecta las cantidades relativas de cada fase formada y la profundidad o espesor total de la capa aleada. En el galvanizado por inmersión en caliente, el espesor de revestimiento se controla por el tiempo de inmersión, tal como ilustra la Figura 1.12. Aunque éste depende en cierta medida de la facilidad de manipuleo y debe establecerse haciendo pruebas para cada pieza a ser galvanizada, la duración de la inmersión usualmente está en el rango de uno a cinco minutos. La velocidad de inmersión influye en la uniformidad del recubrimiento, particularmente en los artículos de gran longitud, en los cuales, la diferencia del tiempo de inmersión entre las primeras y las últimas áreas a ser sumergidas en el baño puede ser considerable.

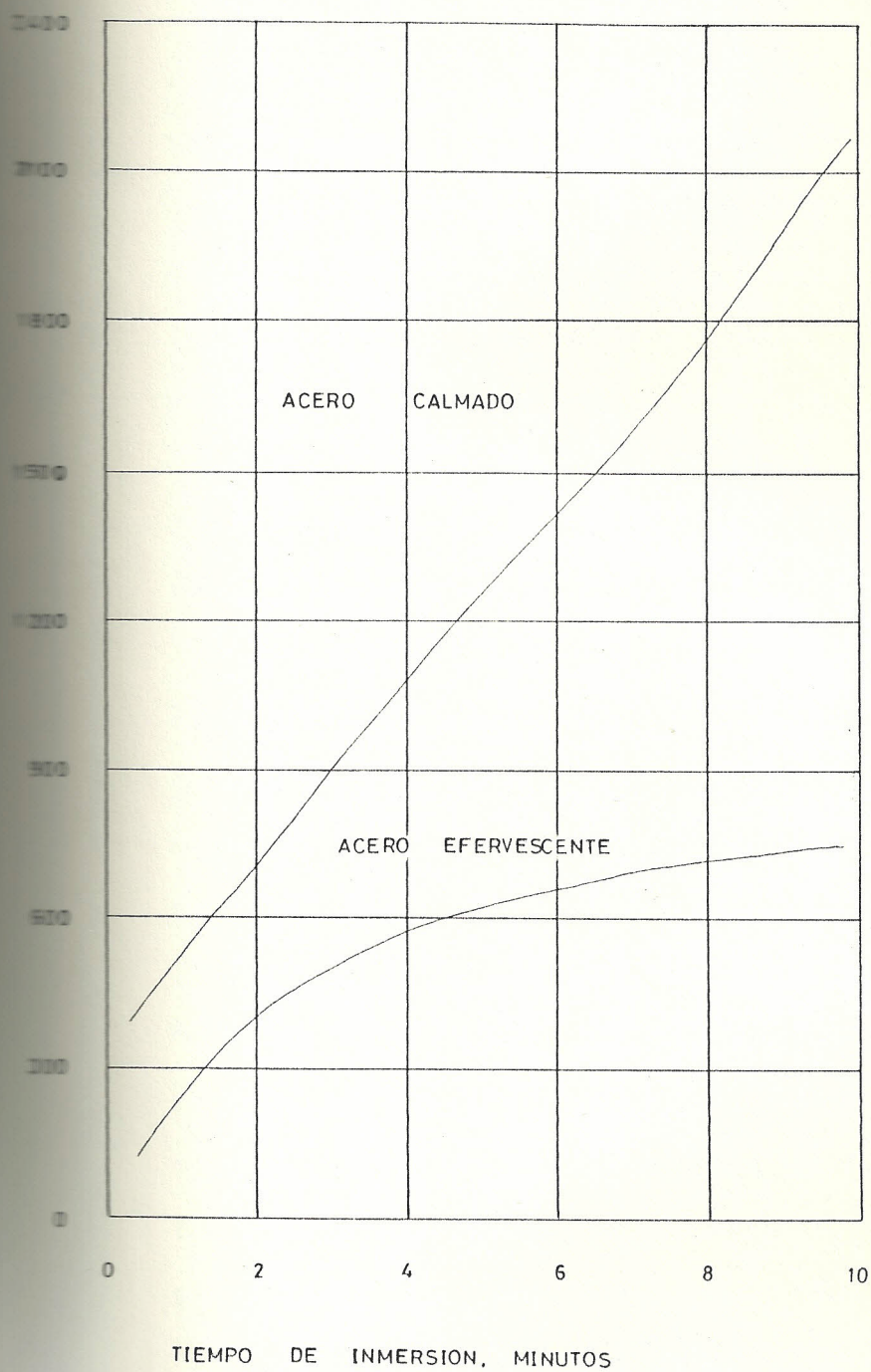
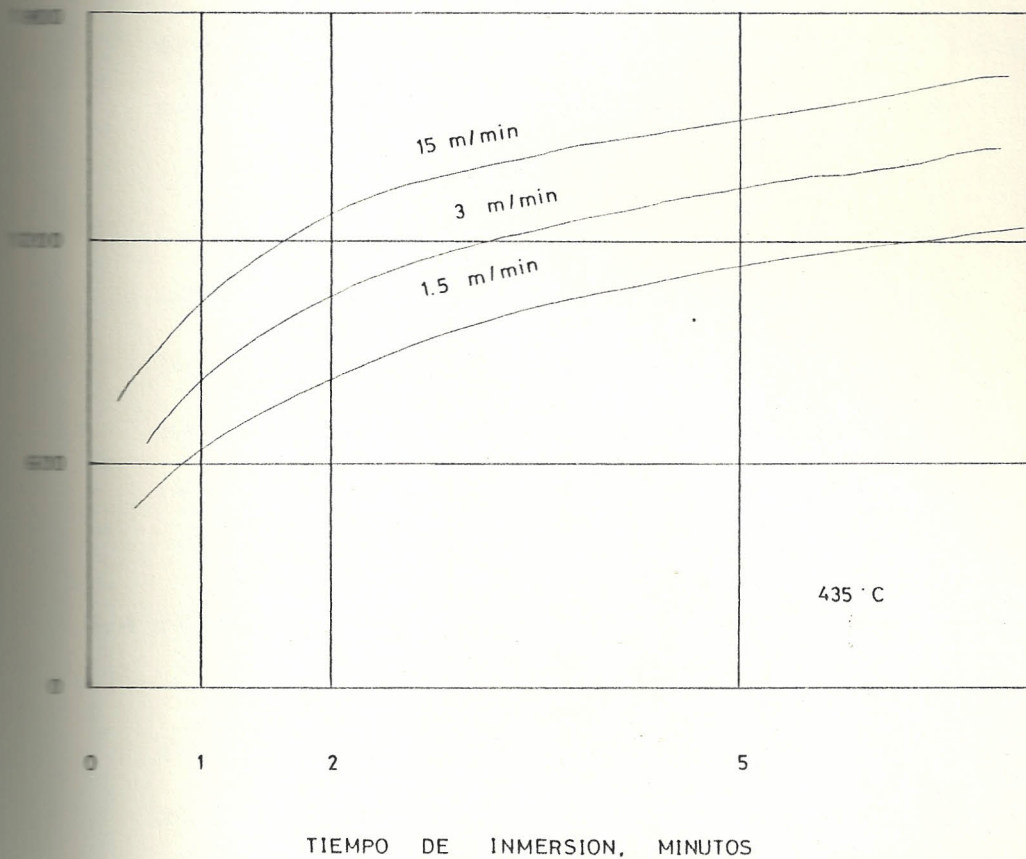


FIGURA 12 - EFECTO DEL TIEMPO DE INMERSION EN EL PESO DEL REVESTIMIENTO PARA ACEROS CALMADOS Y ACEROS EFERVESCENTES

Para procurar un revestimiento uniforme de mínimo espesor, la pieza que no es centrifugada o soplada después de la inmersión, es extraída muy lentamente del baño y a una velocidad controlada, permitiendo así el máximo escurrimiento.

Generalmente se utilizan grúas de dos velocidades, las cuales permiten que la pieza sea sumergida rápidamente y extraída lentamente. La velocidad de extracción, la cual determina el espesor de la capa de zinc no aleado (Figura 1.13) varía de acuerdo con el tipo de proceso utilizado.

La velocidad óptima de extracción para la mayoría de los artículos es de 1,5 metros por minuto. Con artículos de gran longitud, para los cuales el tiempo de extracción ocupa gran parte del tiempo total del ciclo, pueden necesitarse velocidades mayores para mantener una velocidad de producción razonable. En lo posible, es mejor utilizar transportadores especiales para sumergir y extraer las piezas en lotes.



EFECTO DE LA VELOCIDAD DE EXTRACCION EN EL PESO
DEL REVESTIMIENTO

profundidad de la capa de zinc.

Procurando que la pieza no sea extraída a mayor velocidad que la necesaria para que el zinc escurra libremente, la capa de zinc no aleado se distribuye uniformemente.

Con mayores velocidades de extracción el excedente de zinc rueda en la superficie del baño hasta que se solidifica y el revestimiento resultante tiene un aspecto apelmazado y no uniforme.

1.4.4 Enfriamiento.

Debido al calor retenido, la reacción hierro - zinc puede continuar incluso después de que se ha enfriado la capa superficial de zinc. Este tipo de reacción después de la inmersión puede ocurrir si se obstaculiza el enfriamiento, almacenando los elementos muy cercanos entre sí y por la capacidad calorífica de la pieza de trabajo.

Parte o toda la capa de zinc puro puede convertirse en aleación hierro - zinc, decolorando la superficie y alterando sus

propiedades. Para evitar un enfriamiento lento, las piezas deben ser espaciadas adecuadamente después de la inmersión para permitir la libre circulación del aire. Ciertas piezas requieren enfriamiento forzado con aire o agua.

1.4.5 Ensayo de los recubrimientos galvanizados.

Existe una confianza habitual en la inspección visual como indicadora de la calidad de los recubrimientos galvanizados. No obstante, para una garantía técnica de calidad es necesario recurrir a la determinación de las características más significativas de éstos recubrimientos, los cuales pueden resumirse en las siguientes :

- Peso del recubrimiento.
- Espesor del recubrimiento.
- Uniformidad del recubrimiento.
- Adherencia.

- Ductilidad, aumenta con el espesor del recubrimiento.

1.4.5.1 Peso del recubrimiento.

A más de la composición química del metal base y de la configuración de la pieza de trabajo, el espesor del recubrimiento aplicado por inmersión en caliente es fundamentalmente una función de :

- a) La duración de la inmersión, la cual controla el espesor de la capa de aleación.
- b) La velocidad de extracción, la cual controla la cantidad de zinc adherente no aleado.

c) La temperatura del baño, la cual afecta por igual a las capas de aleación y a la de zinc.

La protección contra la corrosión que proveen los recubrimientos de zinc está

esencialmente determinada por el espesor del revestimiento.

Muchos estudios han demostrado que todos los otros factores, tales como el método de aplicación, la pureza del zinc, y la cantidad del cual está aleado con el acero, no son tan importantes para determinar la vida útil del recubrimiento, comparados con el espesor.

El peso del recubrimiento suele expresarse en gramos de zinc por metro cuadrado de superficie recubierta o en onzas por pié cuadrado en los países anglosajones. También se expresa el espesor de la capa de zinc en micras o en milésimas de pulgada.

Las normas ASTM A-123 y A-153 dan los requerimientos en la masa del recubrimiento como una función del espesor y del tipo de material a ser recubierto.

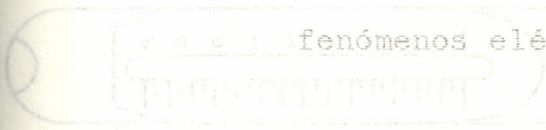
Los procedimientos empleados en la determinación del peso del recubrimiento pueden dividirse en dos grupos : Métodos destructivos y no destructivos.

El método químico más extendido consiste en determinar el peso de zinc por unidad de superficie pesando una probeta de superficie conocida antes y después de decapar el recubrimiento de zinc con una solución de ácido clorhídrico y cloruro antimonioso.

El método metalográfico consiste en la observación al microscopio de un corte transversal de una probeta pulida y atacada. Como reactivo de ataque se utiliza generalmente nital al uno por ciento que se deja actuar durante dos a cinco segundos.

Los métodos no destructivos tienen la ventaja de que no alteran la muestra, pero, en términos generales, no son tan fiables como los destructivos. Se

utilizan diversos aparatos basados en



fenómenos eléctricos y magnéticos.

Los medidores magnéticos son de dos



tipos. Unos se basan en la medida de

la simple fuerza de atracción magnética

FIGURA 1.14 LÁPIZ TINSLEY

de un imán sobre el material base

(magnético), como en el caso del

lápiz Tinsley (Figura 1.14) o de

la balanza magnética (Figura 1.15),

fuerza que varía según el espesor del

recubrimiento no magnético.

Otros trabajan de acuerdo con el

principio de inducción magnética.

Entre los brazos de un imán de

herradura hay una pequeña barra



imantada sujeta a un muelle en espiral

y conectada a un índice. Cuando el



FIGURA 1.15 BALANZA MAGNÉTICA

instrumento se coloca de manera que los

dos polos tocan la superficie a medir,

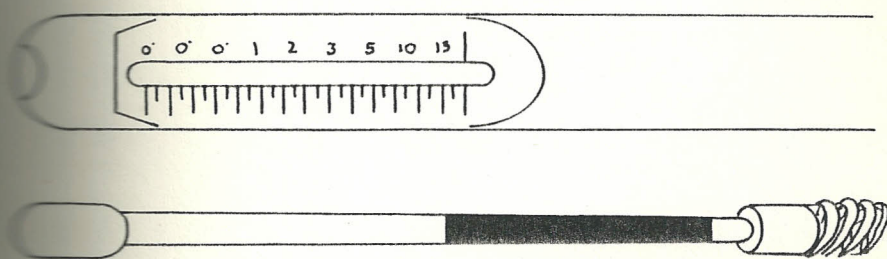
las variaciones en el campo magnético

producidas por las diferencias de

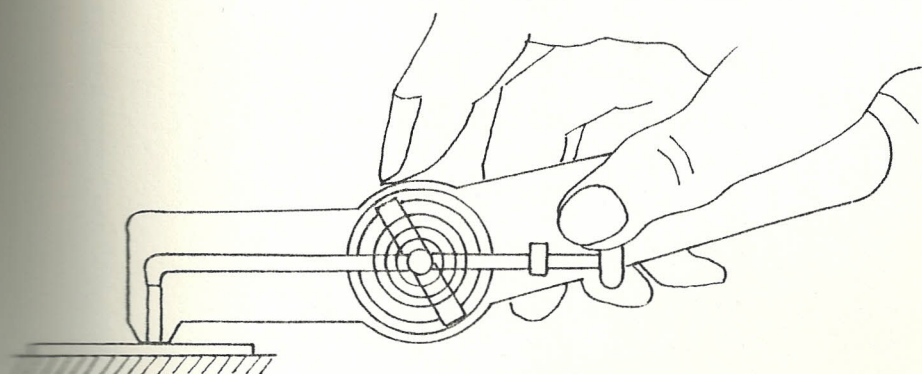
espesor del recubrimiento no magnético

se acusan en la barra imantada, y con

ello, en el índice de una escuadra



14 - MEDIDOR TINSLEY DE LAPICERO



15 - MODO DE UTILIZACION DEL MEDIDOR DE BALANZA

MAGNETICA

graduada. Este aparato proporciona una lectura que constituye el valor medio del espesor del recubrimiento entre los dos polos (Figura 1.16). Los métodos eléctricos se basan en la generación de corrientes inducidas en la superficie del material conductor, al aplicar sobre ella unas ondas trasmisoras de una energía de determinada frecuencia. La intensidad de éstas corrientes es función del espesor de la capa y de su resistividad eléctrica. Existen muchos modelos y todos ellos requieren el encerado previo, utilizando probetas de características análogas a la de los materiales que se trata de medir.

FIGURA

El contenido de hierro variable que pueden presentar los recubrimientos galvanizados, o lo que es lo mismo, la constitución de las capas aleadas, dá lugar a dispersiones considerables en las medidas obtenidas por los métodos no destructivos. Para eliminar estos inconvenientes sería necesario efectuar un encerado con probetas cuyos

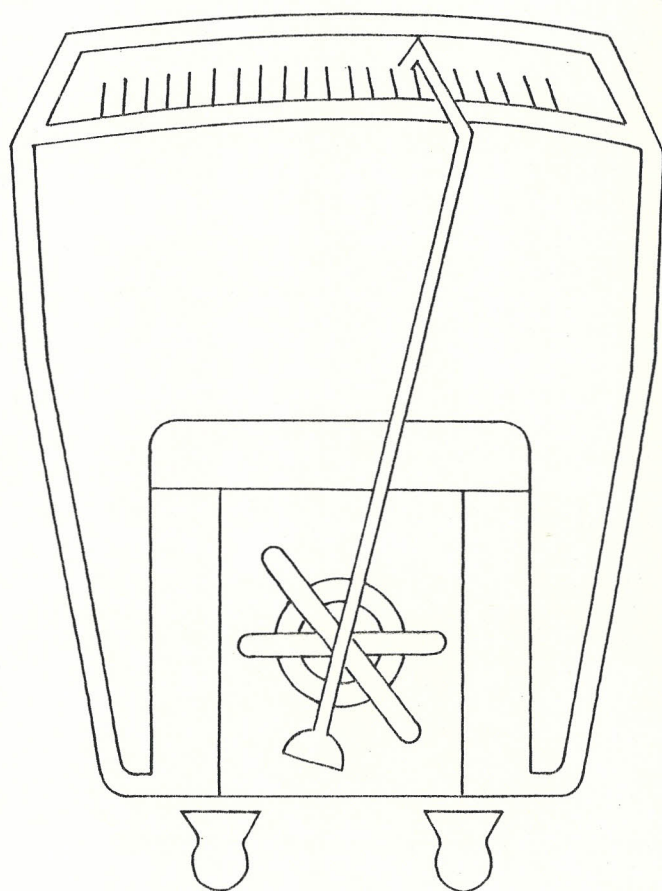


FIGURA 16 - MEDIDOR DE ESPESORES BASADO EN EL PRINCIPIO DE
INDUCCION MAGNETICA

1.4

recubrimientos tuvieran exactamente la misma constitución que las muestras que se miden, lo cual solamente puede conseguirse si las medidas se limitaran a un tipo único de material resultante de un proceso de galvanización concreto, aplicado sobre un acero de características perfectamente uniformes. Se ha comprobado que las desviaciones entre las medidas obtenidas por el método de inducción magnética y las realizadas por el método de disolución química son de más o menos diez por ciento o superiores.

Ultimamente se han introducido otros medidores de espesores de recubrimiento basados en la retrodispersión de radiaciones beta. Este sistema permite la medida de capas de cualquier material sobre otro (independientemente de que sean o no metálicos o magnéticos) siempre que haya una diferencia suficiente en sus correspondientes números atómicos (caso de los metales) o en la densidad de los

dos materiales. (Figura-1.17).

1.4.5.2 Adherencia y ductilidad del recubrimiento

La deformación que experimenta el acero galvanizado por efecto de las sollicitaciones mecánicas puede dar lugar a la formación de grietas o exfoliaciones en el recubrimiento. La formación de pequeñas grietas es menos perjudicial que las exfoliaciones, pues aquellas se taponan con productos resultantes de la corrosión y, además el carácter anódico que tiene el recubrimiento de zinc proporciona una protección adicional al hierro de base en las pequeñas zonas desnudas.

Aunque la adherencia de un recubrimiento puede determinarse mediante un ensayo de tracción en dirección perpendicular a la superficie de contacto, este tipo de ensayos solamente tiene interés desde un punto

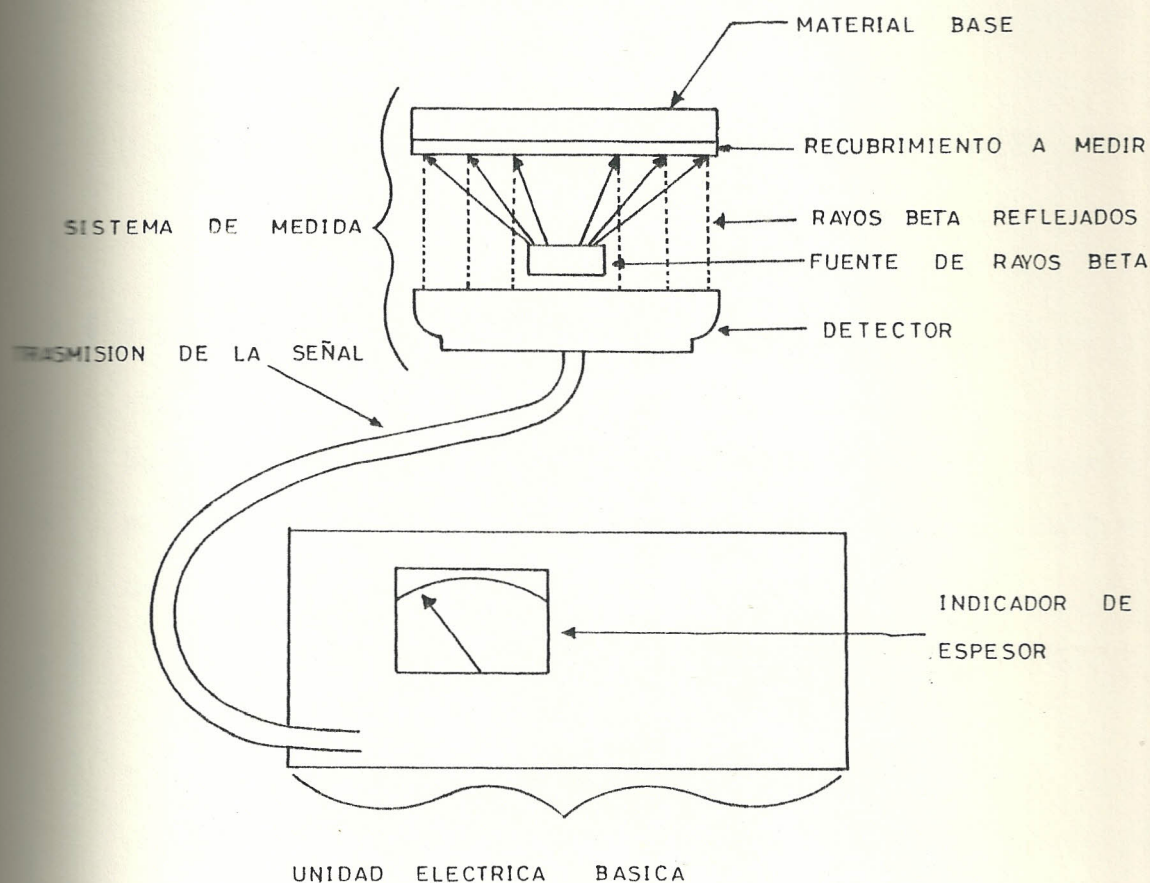


FIGURA 17 - ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR DE
 ESPESORES DE RECUBRIMIENTO BASADO EN LA
 DISPERSION DE RADIACIONES BETA

de vista científico. En la práctica se utilizan otros ensayos de carácter tecnológico que nos sirven para evaluar directamente la adherencia o la resistencia al agrietamiento de los recubrimientos.

1.5 TIPOS DE TUBERIA QUE SE FABRICAN EN EL PAIS.

En el Ecuador hay tres fábricas que producen tubería galvanizada. A continuación se detallan los tipos y usos de la tubería que éstas producen.

TUBOS ISO LIGHT-2.

Tubos de acero con costura por inducción con corriente de alta frecuencia para agua, aire, vapor y uso industrial. Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ISO R 65, Serie Liviana 2.

TUBOS ISO LIGHT-1.

Tubos de acero con costura por inducción con corriente de alta frecuencia para agua, aire, vapor y uso industrial. Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ISO R 65, Serie Liviana 1.

TUBOS ISO MEDIANO.

Tubos de acero con costura por inducción con corriente de alta frecuencia para agua, aire, vapor y uso industrial. Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ISO R 65, Serie Mediana.

TUBOS ASTM A-120 (CEDULA 40).

Tubos de acero con costura por inducción con corriente de alta frecuencia para agua, aire, vapor y uso industrial. Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ASTM A-120, tipo standard.

Para todos los grados la longitud estándar es

de 6 metros. TUBOS ASTM A-53. GRADOS A Y B.

Tubos de acero con costura, sin rebaba interior por inducción con corriente de alta frecuencia.

Grado A : Para transporte de fluidos en general.

Grado B : Para vapor y fluidos a alta presión.

Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ASTM A-53, tipo standard.

TUBOS ELECTRICOS LIVIANOS.

Tubos de acero con costura por inducción con corriente de alta frecuencia para conducción de

cables eléctricos. Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ASA C-80.3.

TUBOS ELECTRICOS RIGIDOS.

2.1 Tubos de acero con costura, sin rebaba interior por inducción con corriente de alta frecuencia para instalaciones eléctricas. Estos tubos se fabrican de acuerdo a la especificación ASA C-80.1.

Para todos los tubos el largo normal de producción es de 6 metros, excepto para los tubos eléctricos, sean éstos livianos o rígidos, para los cuales el largo normal de producción es de 3 metros.

Pueden fabricarse los tubos en otras longitudes previa consulta a las fábricas.

Todos los tubos son roscados en sus extremos, y éstos se entregan con la rosca protegida por protectores plásticos.

CAPITULO II

TRABAJO EXPERIMENTAL.

2.1 SELECCION DE MUESTRAS.

2.1.1 PROCEDENCIA DE LA TUBERIA.

Como se estableció en el capítulo anterior, en nuestro país existen tres fabricantes de tubería galvanizada, los cuales han sido designados como :

- Fábrica X.

- Fábrica Y.

- Fábrica Z.

2.1.2 TIPO DE TUBERIA.

El Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 establece los requisitos que deben cumplir las

siguientes clases de tubería galvanizada :

- Tubería Liviana 2.

- Tubería Liviana 1.

- Tubería Mediana.

- Tubería Pesada.

Los fabricantes producen las siguientes clases de tubería galvanizada :

FABRICA X

Tubos ISO LIGHT-2

Tubos ISO LIGHT-1

Tubos ASTM A-120

Tubos ASTM A-53, Grado A.

Tubos ASTM A-53, Grado B.

FABRICA Y

Tubos ISO LIGHT-2

Tubos ASTM A-120

Tubos ASTM A-53, Grado A.

Tubos ASTM A-53. Grado B. Se utiliza para la fabricación de tuberías de succiones FABRICA Z para la industria. Los fabricantes producen por lo tanto Tubos ISO LIGHT-2 y Tubos ISO LIGHT-1 en los Tubos ASTM A-120 y Tubos ASTM A-120.

Estudiando las tablas del Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 y comparándolas con las tablas de la recomendación ISO R 65, se concluye que la tubería liviana 2 es idéntica a la tubería ISO LIGHT - 2 y que la tubería liviana 1 es idéntica a la tubería ISO LIGHT - 1.

2.1.4 Las tuberías mediana y pesada no se producen en el país. Por lo tanto, para efectos de este estudio se decide someter al control de calidad establecido en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 a los tubos ISO LIGHT - 2 e ISO LIGHT - 1.

2.1.3 TAMAÑOS NOMINALES. Los fabricantes producen la tubería galvanizada en los tamaños nominales que se detallan en la

TABLA IV. La tubería liviana se utiliza para la conducción de agua en construcciones civiles, y para usos generales en la industria. Los diámetros nominales más usados, y por lo tanto, el mayor volumen de ventas se dá en los tamaños nominales de 15 (1/2), 20 (3/4) y 25 (1).

Para efectos de este estudio, se ha decidido que se sometan al control de calidad establecido en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, los tubos correspondientes a los tamaños nominales anteriormente mencionados.

2.1.4 VOLUMEN DE LA MUESTRA.

Por cada tamaño nominal se hará el control de calidad de dos tubos. Cada uno de éstos provendrá de diferentes lotes de producción. En conclusión, el tipo, los tamaños nominales, la procedencia de la tubería y el número de tubos - probeta a ser sometidos a las pruebas de control de calidad establecidas en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 se detallan en la TABLA V. En total son 24 tubos -

TABLA IV

TAMANOS NOMINALES DE LA TUBERIA GALVANIZADA PRODUCIDA EN EL PAIS.

FABRICA X		FABRICA Y		FABRICA Z	
mm.	(pul.)	mm.	(pul.)	mm.	(pul.)
		10	(3/8)	10	(3/8)
15	(1/2)	15	(1/2)	15	(1/2)
20	(3/4)	20	(3/4)	20	(3/4)
25	(1)	25	(1)	25	(1)
32	(1 1/4)	32	(1 1/4)	32	(1 1/4)
40	(1 1/2)	40	(1 1/2)	40	(1 1/2)
50	(2)	50	(2)	50	(2)
				65	(2 1/2)
				80	(3)
				100	(4)

probeta a ser ensayados.

2.1.5 DESIGNACION DE LOS TUBOS - PROBETA.

Para efectos del estudio, los tubos probeta serán identificados de acuerdo a la siguiente clave :

*****	****	****	****
TIPO DE	PROCEDENCIA	NUMERO	TAMAÑO
TUBERIA		VERIFICADOR	NOMINAL

Por ejemplo : L-2 Y-2 15.

Este es el segundo tubo - probeta ISO LIGHT -2 de tamaño nominal 15 proveniente de la Fábrica Y.

2.2 CONTROL DE CALIDAD DE LA TUBERIA SEGUN NORMAS INEN.

El Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 establece los requisitos para el material base, el cordón de soldadura, la presión mínima que debe resistir el tubo, las tolerancias en el espesor de pared, el diámetro exterior, la masa por unidad de

longitud

para el

salvavidua

TABLA V

peso del

TUBOS PROBETA. TIPOS, TAMAÑOS NOMINALES, PROCEDENCIA Y NUMERO.

del mismo

TUBOS ISO LIGHT - 2			TUBOS ISO LIGHT - 10		
Tamaño Nominal			Tamaño Nominal		
mm.	(pul.)	Cantidad	mm.	(pul.)	Cantidad
15	(1/2)	2	15	(1/2)	2
20	(3/4)	2	20	(3/4)	2
25	(1)	2	25	(1)	2
15	(1/2)	2			
20	(3/4)	2			
25	(1)	2			
15	(1/2)	2			
20	(3/4)	2			
25	(1)	2			

longitud, la rosca, la longitud, y para el galvanizado en lo que respecta al peso del recubrimiento, el espesor y la adherencia del mismo.

A continuación se detallan tales requisitos, las pruebas efectuadas y los resultados obtenidos para los distintos tubos probeta.

2.2.1 CONTROL DEL MATERIAL DEL TUBO.

El ensayo realizado para una muestra de material de 2,6 mm. de espesor, correspondiente al que se utiliza para fabricar tubería de una pulgada arrojó la composición química detallada en la TABLA VI.

2.2.2 CONTROL DE LA SOLDADURA.

Se controla la calidad de la soldadura del tubo sometiénola a esfuerzos de aplastamiento. Tal prueba está detallada en la Norma Técnica INEN: " Ensayo de aplastamiento para tubos de acero de sección circular ".

2.2.2.1 METODO DE ENSAYO.

TABLA VI

COMPOSICION QUIMICA. TUBERIAS ISO LIGHT-2 E ISO LIGHT-1.

		C	Si	S	P	Mn
X	L-2	0,06	0,18	0,011	0,022	0,33
Y	L-2	0,19	0,05	0,008	0,032	0,50
Z	L-2	0,11	0,045-0,05	0,010	0,034	0,40
X	L-1	0,07	0,30	0,050	0,031	0,32

El método de ensayo consiste en colocar la probeta a temperatura ambiente entre dos chapas planas y aplastarla por compresión hasta que la distancia entre las chapas llegue a una altura equivalente a $\frac{2}{3}$ del diámetro exterior del tubo (TABLA VII), y luego se examinan las rajaduras o quebraduras que se hayan producido en la pared del tubo probeta.

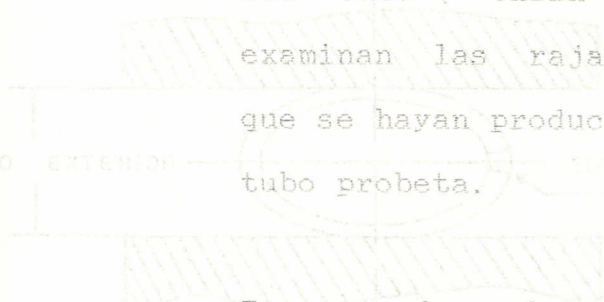


FIGURA 18 ENSAYO DE APLASTAMIENTO PARA TUBOS

ACERO DE SECCIÓN CIRCULAR

En caso de probar los tubos de acero soldados a tope en horno o electrosoldados por resistencia, la soldadura debe estar colocada en ángulo recto al sentido de la compresión aplicada, como ilustra la Figura 2.18.

2.2.2.2 PROBETAS.

Las probetas para el ensayo de aplastamiento de tubos de acero de sección circular se obtienen, cortando un tubo por uno de sus extremos de modo que tengan un largo de 50 mm. o más.

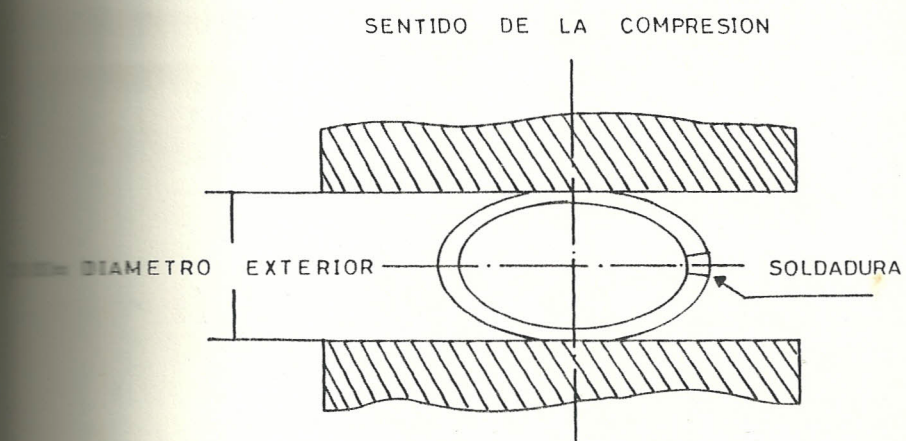


FIGURA 18 ENSAYO DE APLASTAMIENTO PARA TUBOS DE
ACERO DE SECCION CIRCULAR

TABLA VII

TUBERIA LIVIANA. DISTANCIA ENTRE CHAPAS PARA EL ENSAYO DE APLASTAMIENTO.

TAMANO NOMINAL		DIAMETRO TEORICO	DISTANCIA ENTRE CHAPAS
(mm.)	(pul.)	(mm.)	(mm.)
15	(1/2)	21,3	14,2
20	(3/4)	26,9	17,93
25	(1)	33,7	22,47

La prueba de aplastamiento se efectúa sobre el tubo negro.

2.2.2.3 INSTRUMENTAL.

Prensa hidráulica tal como muestra la Figura 2.20.

2.2.2.4 RESULTADOS.

Los resultados del ensayo de aplastamiento para el control de la soldadura se detallan en la TABLA VIII.

2.2.3 PRUEBA HIDROSTATICA.

2.2.3.1 METODO DE ENSAYO. .

FIGURA 20. PRESNA HIDRAULICA

El método de ensayo consiste en someter los tubos - probeta a una presión hidrostática determinada, y verificar visualmente si resiste o nó la prueba sin fugas.

El ensayo de presión hidrostática se realiza a 2,5 MPa para los tubos de

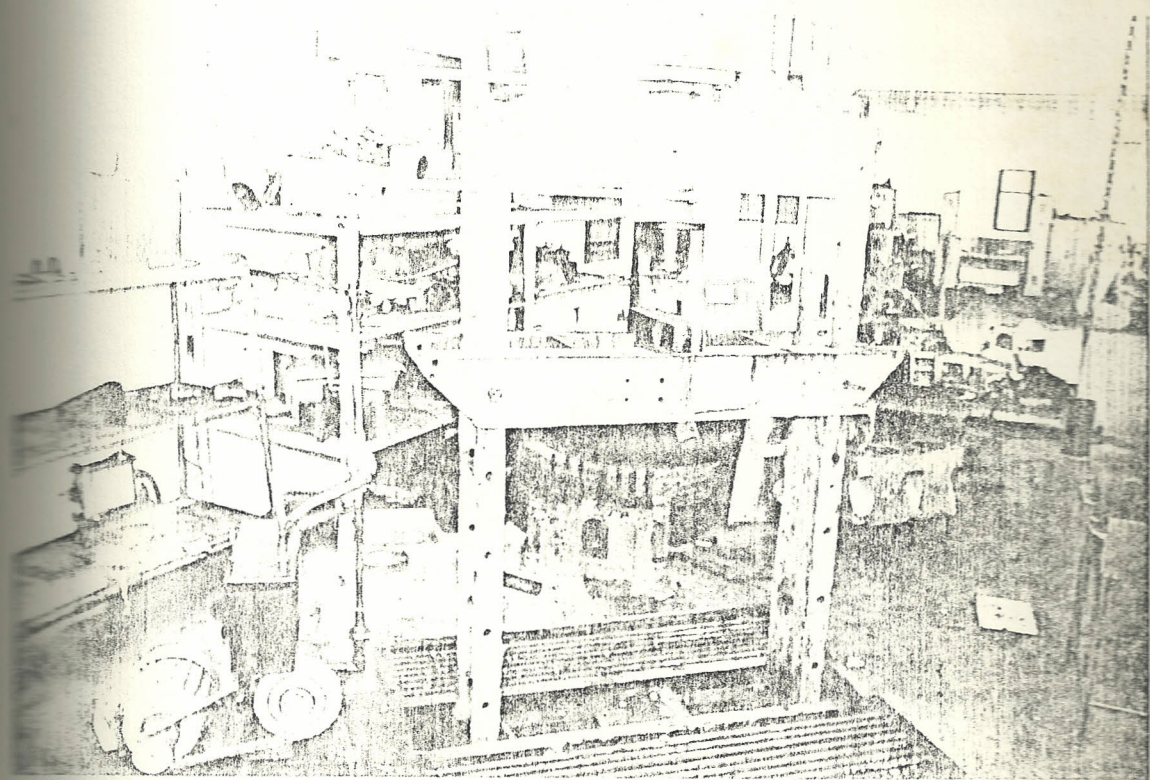


FIGURA 20 - PRENSA HIDRAULICA

TABLA VIII

RESULTADOS DEL ENSAYO DE APLASTAMIENTO
 PARA EL CONTROL DE LA SOLDADURA.

L-2	X-1	15	No se registran rajaduras.
L-2	X-2	15	No se registran rajaduras.
L-2	X-1	20	No se registran rajaduras.
L-2	X-2	20	No se registran rajaduras.
L-2	X-1	25	No se registran rajaduras.
L-2	X-2	25	No se registran rajaduras.
L-2	Y-1	15	Se registran rajaduras.
L-2	Y-2	15	Se registran rajaduras.
L-2	Y-1	20	No se registran rajaduras.
L-2	Y-2	20	No se registran rajaduras.
L-2	Y-1	25	No se registran rajaduras.
L-2	Y-2	25	No se registran rajaduras.

Continuacion TABLA VIII

L-2	Z-1	15	No se registran rajaduras.
L-2	Z-2	15	No se registran rajaduras.
L-2	Z-1	20	No se registran rajaduras.
L-2	Z-2	20	No se registran rajaduras.
L-2	Z-1	25	No se registran rajaduras.
L-2	Z-2	25	No se registran rajaduras.
L-1	X-1	15	No se registran rajaduras.
L-1	X-2	15	No se registran rajaduras.
L-1	X-1	20	No se registran rajaduras.
L-1	X-2	20	No se registran rajaduras.
L-1	X-1	25	No se registran rajaduras.
L-1	X-2	25	No se registran rajaduras.

clase liviana o 4 MPa para los tubos de clase mediana o 5 MPa para los tubos de clase pesada, por un tiempo mínimo de 5 segundos. La prueba hidrostática se efectúa con el tubo negro.

2.2.3.2 PROBETAS.

Las probetas para la prueba hidrostática son los tubos de 6 metros, tomados inmediatamente después de la estación de soldadura.

2.2.3.3 INSTRUMENTAL.

Probador hidrostático de tipo manual como el que registra la Figura 2.21.

2.2.3.4 RESULTADOS.

FIGURA 21 PRUEBA HIDROSTÁTICA

Los resultados del ensayo de presión hidrostática se detallan en la Tabla IX.

2.2.4 CONTROL DEL TUBO TERMINADO.

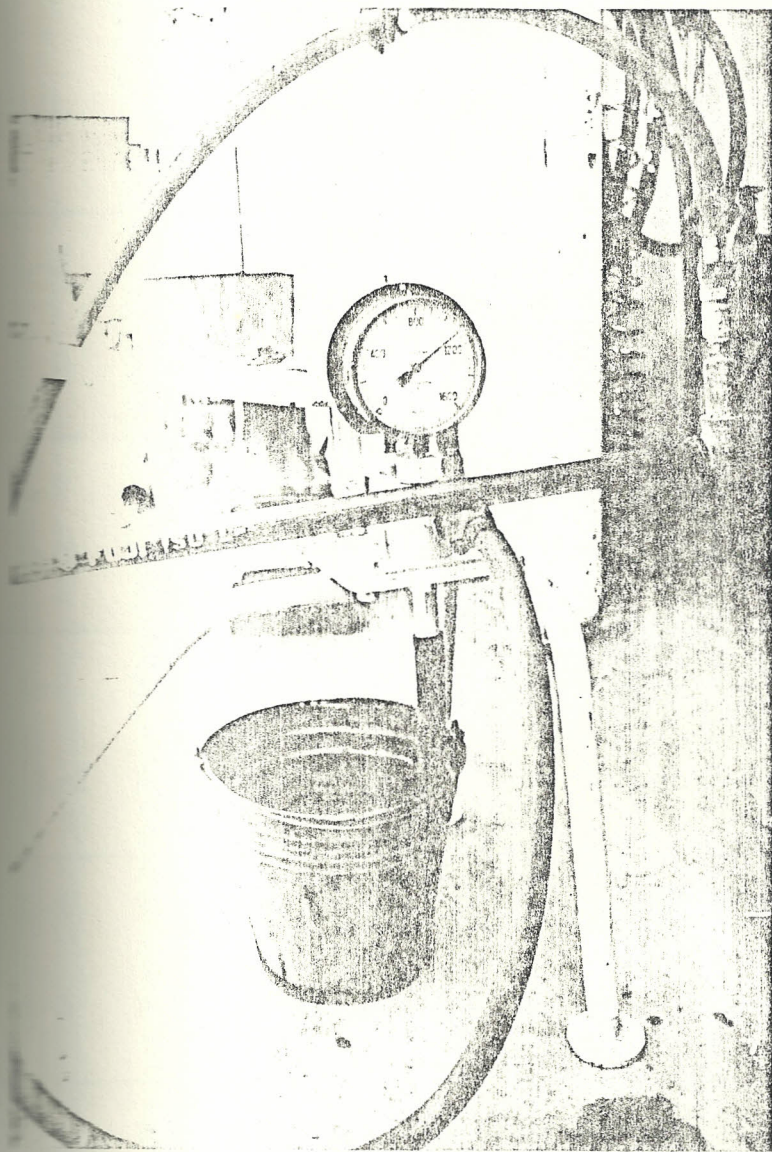


FIGURA 21 - PRUEBA HIDROSTATICA

TABLA IX

RESULTADOS DEL ENSAYO DE PRESION HIDROSTATICA.

L-2	X-1	15	No se registran fugas.
L-2	X-2	15	No se registran fugas.
L-2	X-1	20	No se registran fugas.
L-2	X-2	20	No se registran fugas.
L-2	X-1	25	No se registran fugas.
L-2	X-2	25	No se registran fugas.
L-2	Y-1	15	No se registran fugas.
L-2	Y-2	15	No se registran fugas.
L-2	Y-1	20	No se registran fugas.
L-2	Y-2	20	No se registran fugas.
L-2	Y-1	25	No se registran fugas.
L-2	Y-2	25	No se registran fugas.

Continuacion TABLA IX

L-2	Z-1	15	No se registran fugas.
L-2	Z-2	15	No se registran fugas.
L-2	Z-1	20	No se registran fugas.
L-2	Z-2	20	No se registran fugas.
L-2	Z-1	25	No se registran fugas.
L-2	Z-2	25	No se registran fugas.
L-1	X-1	15	No se registran fugas.
L-1	X-2	15	No se registran fugas.
L-1	X-1	20	No se registran fugas.
L-1	X-2	20	No se registran fugas.
L-1	X-1	25	No se registran fugas.
L-1	X-2	25	No se registran fugas.

En este punto se controlan las tolerancias en el espesor de pared, el diámetro exterior, la masa por unidad de longitud, las roscas y la longitud del tubo.

ESPESOR DE PARED

Todo el control se realiza sobre el tubo negro, tomado inmediatamente después de la estación de soldadura, excepto para las roscas, las cuales se maquinan sobre el tubo galvanizado, y para la longitud, la cual se mide sobre el tubo listo para la venta.

Para la medición del espesor se utilizó un micrómetro, el diámetro exterior se midió usando un calibrador Vernier, la masa por unidad de longitud se determinó en forma analítica a partir de los resultados anteriores. Para las roscas se utilizaron calibradores de anillo y la longitud se midió con un flexómetro.

2.2.4.1 ESPESOR DE PARED DEL TUBO.

Se realizan cuatro mediciones por tubo - probeta. Este se corta en cuatro

TABLA X

ESPESOR DE PARED DEL TUBO. RESULTADOS.

			ESPESOR DE PARED.			
			(mm.)			
L-2	X-1	15	2,30	2,38	2,10	2,20
L-2	X-2	15	2,30	2,32	2,28	2,22
L-2	X-1	20	2,50	2,46	2,38	2,46
L-2	X-2	20	2,42	2,50	2,40	2,50
L-2	X-1	25	2,82	2,82	2,74	2,70
L-2	X-2	25	2,82	2,70	2,68	2,74
L-2	Y-1	15	2,28	2,28	2,26	2,26
L-2	Y-2	15	2,32	2,32	2,33	2,36
L-2	Y-1	20	2,54	2,53	2,56	2,54
L-2	Y-2	20	2,76	2,84	2,76	2,80

Continuacion TABLA X

L-2	Y-1	25	2,38	2,40	2,40	2,38
L-2	Y-2	25	2,36	2,32	2,30	2,32
L-2	Z-1	15	2,26	2,32	2,26	2,30
L-2	Z-2	15	2,28	2,16	2,26	2,28
L-2	Z-1	20	2,46	2,56	2,44	2,52
L-2	Z-2	20	2,56	2,46	2,60	2,58
L-2	Z-1	25	2,62	2,58	2,68	2,74
L-2	Z-2	25	2,76	2,68	2,52	2,64
L-1	X-1	15	2,40	2,44	2,48	2,40
L-1	X-2	15	2,44	2,42	2,48	2,42
L-1	X-1	20	2,44	2,42	2,54	2,42
L-1	X-2	20	2,40	2,42	2,46	2,44
L-1	X-1	25	2,80	2,80	2,84	2,76
L-1	X-2	25	2,80	2,76	2,78	2,82

lugares diferentes, y allí se realiza la medición del espesor utilizando un micrómetro.

2.2.4.1.1 RESULTADOS.

Los valores obtenidos para el espesor de los distintos tubos - probeta se detallan en la Tabla X.

2.2.4.2 DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO.

Se realizan cuatro mediciones por tubo - probeta. Este se corta en cuatro lugares diferentes, y allí se realiza la medición del diámetro exterior utilizando un calibrador Vernier.

2.2.4.2.1 RESULTADOS.

Los valores obtenidos para el diámetro exterior de los distintos tubos - probeta se detallan en la Tabla XI.

TABLA XI

DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO, RESULTADOS.

			DIAMETRO EXTERIOR.			
			(mm.)			
L-2	X-1	15	21,00	21,10	21,10	21,00
L-2	X-2	15	21,00	21,00	21,00	21,05
L-2	X-1	20	26,70	26,80	26,50	26,80
L-2	X-2	20	26,60	26,70	26,60	26,80
L-2	X-1	25	33,25	33,30	33,15	32,85
L-2	X-2	25	33,15	33,00	32,90	33,05
L-2	Y-1	15	21,50	21,45	21,50	21,40
L-2	Y-2	15	21,40	21,50	21,45	21,40
L-2	Y-1	20	26,85	26,90	26,90	26,95
L-2	Y-2	20	26,90	26,70	26,85	26,85

Continuacion TABLA XI

L-2	Y-1	25	33,25	33,60	33,45	32,60
L-2	Y-2	25	33,65	33,70	33,65	33,70
L-2	Z-1	15	21,00	21,10	21,10	21,00
L-2	Z-2	15	20,90	21,20	21,10	21,00
L-2	Z-1	20	26,30	26,40	26,20	26,40
L-2	Z-2	20	26,60	26,50	26,50	26,45
L-2	Z-1	25	33,00	33,00	32,90	32,90
L-2	Z-2	25	32,90	32,90	32,00	32,90
L-1	X-1	15	21,35	21,25	21,35	21,35
L-1	X-2	15	21,40	21,35	21,30	21,35
L-1	X-1	20	26,75	26,45	26,70	26,60
L-1	X-2	20	26,70	26,80	26,65	26,70
L-1	X-1	25	33,35	33,20	32,20	32,35
L-1	X-2	25	32,30	33,35	33,10	33,25

2.2.4.3 MASA DEL TUBO.

Se realizan cuatro mediciones por tubo - probeta. La masa por unidad de longitud es una función del espesor de pared y del diámetro exterior. La masa por unidad de longitud se calcula por la siguiente fórmula :

$$M = (D - T) * T * 0,02466151 \text{ Kg/m.}$$

Donde :

M es la masa por unidad de longitud.

D es el diámetro exterior (mm.)

T es el espesor (mm.)

El coeficiente 0,2466151 considera una densidad igual a 7,85 Kilogramos por decímetro cúbico.

2.2.4.3.1 RESULTADOS.

Los valores obtenidos para el diámetro exterior de los distintos tubos - probeta se detallan en la Tabla XII.

2.2.4.4 CALIBRACION DE LA ROSCA.

La Norma INEN 117 " Roscas ASA para tuberías y accesorios. Especificaciones ", establece las dimensiones y tolerancias de las roscas ASA, utilizadas en las tuberías y sus accesorios.

La rosca utilizada en tubería es la rosca tipo NPT. Las roscas tipo NPT son utilizadas para formar juntas estancas, pudiendo utilizar sellador o lubricante. De acuerdo con esta norma, la designación de las roscas será la siguiente :

- Tamaño nominal de la rosca.
- Número de hilos en 25,4 mm.

TABLA XII

MASA POR UNIDAD DE LONGITUD. RESULTADOS.

			MASA POR UNIDAD DE LONGITUD.			
			(Kg/m)			
L-2	X-1	15	1,06	1,08	0,98	1,02
L-2	X-2	15	1,06	1,06	1,05	1,03
L-2	X-1	20	1,49	1,47	1,41	1,47
L-2	X-2	20	1,44	1,49	1,43	1,49
L-2	X-1	25	2,11	2,11	2,05	2,00
L-2	X-2	25	2,11	2,01	1,99	2,04
L-2	Y-1	15	1,08	1,07	1,07	1,06
L-2	Y-2	15	1,09	1,09	1,09	1,10
L-2	Y-1	20	1,52	1,52	1,53	1,52
L-2	Y-2	20	1,64	1,67	1,64	1,66

Continuacion TABLA XII

L-2	Y-1	25	1,81	1,84	1,83	1,83
L-2	Y-2	25	1,82	1,79	1,77	1,79
L-2	Z-1	15	1,04	1,07	1,05	1,06
L-2	Z-2	15	1,04	1,05	1,05	1,05
L-2	Z-1	20	1,44	1,50	1,42	1,48
L-2	Z-2	20	1,51	1,45	1,55	1,51
L-2	Z-1	25	1,96	1,93	1,99	2,03
L-2	Z-2	25	2,05	1,99	1,88	1,97
L-1	X-1	15	1,12	1,13	1,15	1,12
L-1	X-2	15	1,14	1,12	1,15	1,12
L-1	X-1	20	1,46	1,43	1,51	1,44
L-1	X-2	20	1,43	1,45	1,46	1,45
L-1	X-1	25	2,11	2,10	2,12	2,08
L-1	X-2	25	2,10	2,08	2,07	2,11

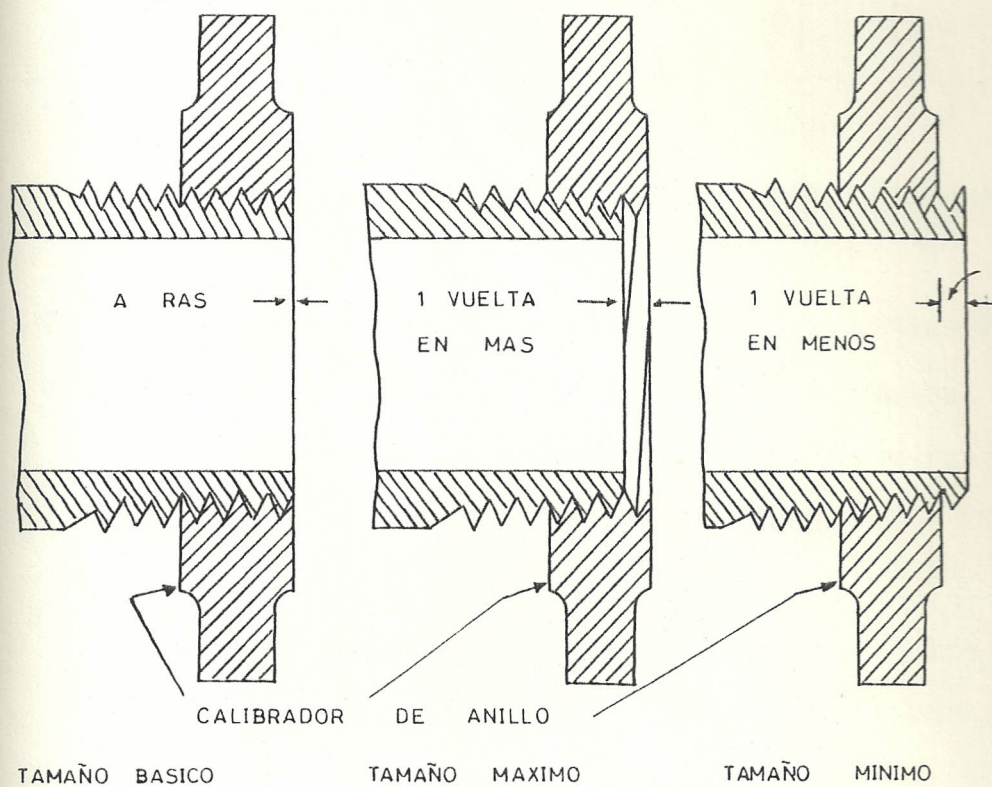


FIGURA 22 CALIBRACION DE ROSCA CONICA CON CALIBRADOR DE ANILLO

- Tipo de rosca.

- Rosca interna (I), rosca externa (E).

Ejemplo :

25 - 11 1/2 - NPT - I - 300 mínimo.

La norma INEN 117 establece que para efectos de inspección y recepción, las roscas aceptarán la siguiente variación respecto del enrosque ideal :

Roscas tipo NPT : +/- 1 vuelta de calibrador.

2.2.4.4.1 RESULTADOS.

Los resultados obtenidos para los distintos tubos - probeta se detallan en la Tabla XIII.

2.2.4.5 LONGITUD DEL TUBO.

Para la medición de la longitud, se

TABLA XIII
CALIBRACION DE LA ROSCA. RESULTADOS.

			CALIBRACION DE LA ROSCA.
L-2	X-1	15	15 - 14 NPT - E 1 vuelta en menos. Tamano minimo.
L-2	X-2	15	15 - 14 NPT - E 1 vuelta en menos. Tamano minimo.
L-2	X-1	20	20 - 14 NPT - E 2 vueltas en mas.
L-2	X-2	20	20 - 14 NPT - E 2 vueltas en mas.
L-2	X-1	25	25 - 11 1/2 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	X-2	25	25 - 11 1/2 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	Y-1	15	15 - 14 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	Y-2	15	15 - 14 NPT - E A ras. Tamano basico.

Continuacion TABLA XIII

L-2	Y-1	20	20 - 14 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	Y-2	20	20 - 14 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	Y-1	25	25 - 11 1/2 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	Y-2	25	25 - 11 1/2 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-2	Z-1	15	No entra en el calibrador.
L-2	Z-2	15	No entra en el calibrador.
L-2	Z-1	20	No entra en el calibrador.
L-2	Z-2	20	No entra en el calibrador.

Continuacion TABLA XIII

L-2	Z-1	25	25 - 11 1/2 NPT - E Una vuelta en mas. Tamano maximo.
L-2	Z-2	25	25 - 11 1/2 NPT - E Dos vueltas en mas.
L-1	X-1	15	15 - 14 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-1	X-2	15	15 - 14 NPT - E 1 vuelta en menos. Tamano minimo.
L-1	X-1	20	20 - 14 NPT - E 2 vueltas en mas.
L-1	X-2	20	20 - 14 NPT - E 2 vueltas en mas.
L-1	X-1	25	25 - 11 1/2 NPT - E A ras. Tamano basico.
L-1	X-2	25	25 - 11 1/2 NPT - E A ras. Tamano basico.

utilizó el tubo terminado, listo para ser entregado al usuario.

2.2.4.5.1 RESULTADOS.

Los resultados obtenidos para los distintos tubos - probeta se detallan en la Tabla XIV.

2.2.5 CONTROL DEL GALVANIZADO.

La masa depositada por unidad de superficie y el espesor de recubrimiento se determinan siguiendo los procedimientos descritos en la Norma Técnica INEN 1054.

Se contemplan tambien otros requisitos en la adherencia del recubrimiento de zinc, la cual se determina de acuerdo al método establecido en la Norma Técnica INEN 950.

2.2.5.1 DETERMINACION DE LA MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE. METODO GRAVIMETRICO.

2.2.5.1.1 METODO DE ENSAYO.

TABLA XIV

LONGITUD DEL TUBO. RESULTADOS.

			LONGITUD DEL TUBO
			(m)
L-2	X-1	15	6,024
L-2	X-2	15	6,035
L-2	X-1	20	6,045
L-2	X-2	20	6,038
L-2	X-1	25	6,012
L-2	X-2	25	6,030
L-2	Y-1	15	6,001
L-2	Y-2	15	6,002
L-2	Y-1	20	6,003
L-2	Y-2	20	6,004

Continuacion TABLA XIV

L-2	Y-1	25	6,003
L-2	Y-2	25	6,003
L-2	Z-1	15	6,020
L-2	Z-2	15	6,025
L-2	Z-1	20	6,005
L-2	Z-2	20	6,013
L-2	Z-1	25	6,010
L-2	Z-2	25	6,015
L-1	X-1	15	6,035
L-1	X-2	15	6,030
L-1	X-1	20	6,030
L-1	X-2	20	6,028
L-1	X-1	25	6,025
L-1	X-2	25	6,035

El método de ensayo consiste en sumergir una probeta de área conocida en una solución preparada para disolver el recubrimiento. Se determina la pérdida de masa, por pesadas de la probeta hechas antes y después del ataque ácido.

2.2.5.1.2 PROBETAS.

Las probetas para la determinación de la masa depositada por unidad de superficie, están especificadas en la Norma Técnica INEN MT 1054. La longitud de las mismas es de 100 ± 1 mm., debiendo ser tomadas cerca de los extremos del tubo - probeta. Las probetas cortadas de los extremos no incluyen los 50 mm. próximos a cada extremo.

2.2.5.1.3 INSTRUMENTAL

- Balanza analítica.
- Recipiente de vidrio, adecuado para contener la solución y las probetas de ensayo.
- Reactivo.- Solución constituida por 3,2 gramos de cloruro de antimonio disueltos en 500 ml. de ácido clorhídrico concentrado y diluido con agua destilada al volumen de un litro.
- Campana de extracción de vapores ácidos.

2.2.5.1.4 PROCEDIMIENTO.

Se desengrasa la probeta con un solvente orgánico que no ataque el recubrimiento de

entonces la probeta
zinc (acetona) y se seca
cuidadosamente. Antes de
someterla al desplaque, se
pesa la probeta en la balanza
analítica.

La probeta adherida a
la superficie se sumerge
La cantidad de solución se
mide de tal forma que se
dispongan de por lo menos 10
ml. por cada centímetro
cuadrado de superficie
recubierta de la probeta.

Se sumerge la probeta
completamente en la solución
a temperatura ambiente y se
la deja sumergida hasta que
se disuelva la totalidad del
recubrimiento.

Se observa el final de la
disolución por la ausencia de
burbujeo, el cual es causado
por el desprendimiento de
oxígeno durante la reacción.

Se extrae entonces la probeta de la solución, se la lava completamente en agua corriente, y se la cepilla para remover cualquier sustancia residual adherida a la superficie. Se la sumerge en alcohol, se seca totalmente y se la vuelve a pesar con la misma exactitud de la pesada inicial. La pérdida de masa se obtiene por diferencia :

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

Después de las pesadas, se determina el área A de la superficie expuesta de acuerdo con la formula :

$$A = \pi (D_1 + D_2) L$$

La masa por área unitaria,

del recubrimiento de zinc por inmersión se obtiene en gramos por metro cuadrado de la formula:

$$m_A = \frac{\Delta m}{A}$$

Expresando la pérdida de masa en gramos y el área en milímetros cuadrados.

2.2.5.1.5 RESULTADOS.

De cada tubo - probeta es necesario extraer dos muestras, las cuales se someten al ensayo descrito anteriormente.

Los resultados que se obtienen son las masas de recubrimiento por unidad de superficie individual, y a partir de estas se calcula la

masa de recubrimiento por unidad de superficie promedio. En la tabla XV, se detallan las masas antes y después del ataque ácido, la pérdida de masa, los diámetros exterior e interior, la longitud, el área de superficie recubierta y la masa de recubrimiento por área unitaria de las muestras extraídas de los tubos - probeta.

En la Tabla XVI, se resumen los resultados anteriores, es decir, se detallan las masas de recubrimiento por unidad de superficie individual y las masas de recubrimiento por unidad de superficie promedio.

2.2.5.2 DETERMINACION DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTO.

TABLA XV

MASAS ANTES Y DESPUES DEL ATAQUE ACIDO, PERDIDA DE MASA, DIAMETROS EXTERIOR E INTERIOR, LONGITUD, AREA DE SUPERFICIE RECUBIERTA Y MASA DE RECUBRIMIENTO POR AREA UNITARIA, DE LAS MUESTRAS EXTRAIDAS DE LOS DISTINTOS TUBOS - PROBEA.

	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Perdida de masa (g)	Diametro exterior (mm.)	Diametro interior (mm.)	Longitud (mm.)	Area 2 (mm)	Masa de recubrimiento 2 (g/m)
L-2 X-1 15A	93,9	87,5	6,4	21,05	17,05	99,70	11933,56	536,30
L-2 X-1 15B	94,6	88,2	6,4	21,05	17,25	100,25	12062,38	530,57
L-2 X-2 15A	94,2	88,4	5,8	21,00	17,10	100,50	12029,31	482,13
L-2 X-2 15B	93,5	88,1	5,4	21,02	17,05	100,05	11966,02	451,28

Continuation TABLA XV

L-2	X-1	20A	134,4	126,5	7,0	26,75	22,05	98,70	15131,67	522,08
L-2	X-1	20B	135,9	128,2	7,7	26,55	22,12	99,85	15298,56	503,32
L-2	X-2	20A	137,9	130,5	7,4	26,55	22,00	98,00	15115,73	486,56
L-2	X-2	20B	139,9	131,4	7,6	26,70	22,05	99,90	15299,95	496,73
L-2	X-1	25A	193,8	184,4	9,4	33,27	28,05	99,87	19239,20	488,58
L-2	X-1	25B	189,0	180,8	9,1	33,00	28,00	97,75	18732,53	485,79
L-2	X-2	25A	192,3	182,5	9,8	33,07	28,00	98,65	18926,69	517,79
L-2	X-2	25B	192,6	183,2	9,4	32,97	27,95	99,35	19015,18	494,37

Continuación TABLA XV

L-2	Y-1	15A	105,4	100,5	4,9	21,47	17,00	101,00	12206,56	401,42
L-2	Y-1	15B	105,0	99,5	5,5	21,45	17,10	100,12	12125,37	453,55
L-2	Y-2	15A	106,8	102,7	4,1	21,45	16,82	99,70	11986,81	341,95
L-2	Y-2	15B	109,7	103,8	5,9	21,42	16,87	100,37	12073,66	488,54
L-2	Y-1	20A	148,8	142,2	6,6	26,87	21,80	99,42	15201,45	434,04
L-2	Y-1	20B	147,6	142,0	5,6	26,82	21,82	99,80	15281,50	366,46
L-2	Y-2	20A	159,8	156,1	3,7	26,80	21,15	99,85	15041,34	245,99
L-2	Y-2	20B	161,4	155,8	5,6	26,85	21,22	99,9	15086,53	371,19

Continuacion TABLA XV

L-2	Y-1	25A	181,8	174,5	7,3	33,42	28,57	100,45	19562,37	372,56
L-2	Y-1	25B	180,3	173,2	7,1	33,52	28,70	100,77	18697,50	360,45
L-2	Y-2	25A	175,3	167,1	8,2	33,67	28,67	100,00	19584,69	418,69
L-2	Y-2	25B	173,0	167,0	8,3	33,67	28,00	99,92	19672,61	421,91
L-2	Z-1	15A	131,7	126,0	5,7	21,05	15,25	99,85	11364,07	501,58
L-2	Z-1	15B	132,4	127,5	4,9	21,10	15,12	100,40	11424,36	428,91
L-2	Z-2	15A	134,3	127,6	6,7	21,10	15,00	100,17	11366,72	589,44
L-2	Z-2	15B	134,1	125,6	8,5	21,12	15,07	99,70	11319,65	750,91

Continuación TABLA XV

L-2	Z-1	Z0A	149,5	138,3	11,2	26,35	21,32	99,05	14833,70	755,04
L-2	Z-1	Z0B	149,9	139,3	10,6	26,30	21,37	100,10	14990,95	707,09
L-2	Z-2	Z0A	151,8	141,0	10,8	26,55	21,52	101,00	15252,65	708,07
L-2	Z-2	Z0B	151,0	140,0	11,0	26,47	21,50	99,72	15028,02	731,97
L-2	Z-1	Z5A	202,1	186,0	16,1	33,00	27,45	99,15	18829,50	855,04
L-2	Z-1	Z5B	205,8	194,8	11,0	32,90	27,35	99,10	18757,74	586,42
L-2	Z-2	Z5A	204,6	194,2	10,4	32,90	27,40	99,50	18849,08	551,75
L-2	Z-2	Z5B	204,7	187,6	17,1	32,90	27,45	99,00	18769,92	911,03

Continuation TABLA XV

L-1	X-1	15A	107,2	100,9	6,3	21,30	16,87	99,55	11937,50	527,75
L-1	X-1	15B	106,7	100,9	5,8	21,35	16,87	99,67	11967,54	484,64
L-1	X-2	15A	106,2	100,7	5,5	21,37	16,80	99,42	11921,91	461,34
L-1	X-2	15B	106,8	101,4	5,4	21,32	16,95	100,10	12034,90	448,69
L-1	X-1	20A	140,1	131,1	9,0	26,60	22,05	99,10	15146,29	594,20
L-1	X-1	20B	140,1	136,3	8,8	26,65	22,05	99,37	15203,93	578,80
L-1	X-2	20A	140,7	132,8	7,9	26,75	22,05	100,15	15353,97	514,52
L-1	X-2	20B	139,1	131,5	7,6	26,67	22,05	99,72	15263,75	497,91

Continuación TABLA XV

L-1	X-1	25A	202,7	193,5	9,2	33,27	28,02	99,15	19091,15	481,90
L-1	X-1	25B	201,8	192,5	9,3	33,27	27,97	99,17	19079,43	487,43
L-1	X-2	25A	205,9	195,5	10,4	33,32	28,10	100,15	19324,61	538,17
L-1	X-2	25B	205,3	195,1	10,2	33,17	28,17	100,22	19312,92	528,14

TABLA XVI

MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE. RESULTADOS.

			MASA DE RECUBRIMIENTO (g/m ²)		
			Extremo Norte	Extremo Sur	Promedio de los extremos
L-2	X-1	15	536,30	530,57	533,43
L-2	X-2	15	482,15	451,28	466,715
L-2	X-1	20	522,08	503,32	512,70
L-2	X-2	20	489,56	496,73	493,14
L-2	X-1	25	488,58	485,79	487,18
L-2	X-2	25	517,74	494,37	506,08
L-2	Y-1	15	401,42	453,55	427,48
L-2	Y-2	15	341,95	488,54	415,24
L-2	Y-1	20	434,04	366,46	400,25
L-2	Y-2	20	245,99	371,19	308,59

Continuacion TABLA XVI

L-2	Y-1	25	372,56	360,45	366,50
L-2	Y-2	25	418,69	421,91	420,30
L-2	Z-1	15	501,58	428,91	465,24
L-2	Z-2	15	589,44	750,91	670,17
L-2	Z-1	20	755,04	707,09	731,06
L-2	Z-2	20	708,07	731,97	720,02
L-2	Z-1	25	855,04	586,42	720,73
L-2	Z-2	25	551,75	911,03	731,39
L-1	X-1	15	527,75	484,64	506,19
L-1	X-2	15	461,34	448,69	455,01
L-1	X-1	20	594,20	578,80	586,50
L-1	X-2	20	514,52	497,91	506,21
L-1	X-1	25	481,90	487,43	484,66
L-1	X-2	25	538,17	528,14	533,15

El espesor de recubrimiento se obtiene en forma analítica a partir de la fórmula :

$$S = \frac{m_A}{7,15}$$

2.2.5.2.1 RESULTADOS.

Los resultados obtenidos para el espesor de recubrimiento de los distintos tubos - probeta se tabulan en la Tabla XVII.

2.2.5.3 DETERMINACION DE LA ADHERENCIA.

2.2.5.3.1 METODO DE ENSAYO.

El método de ensayo consiste en doblar el tubo alrededor de un radio ocho veces mayor al diámetro exterior del tubo, y comprobar visualmente la presencia de grietas o

TABLA XVII

ESPESOR DE RECUBRIMIENTO. RESULTADOS.

			ESPESOR DE RECUBRIMIENTO (Micras)		
			Extremo Norte	Extremo Sur	Promedio de los extremos
L-2	X-1	15	75,00	74,21	74,61
L-2	X-2	15	67,43	70,39	65,27
L-2	X-1	20	73,02	70,39	71,71
L-2	X-2	20	68,47	69,47	68,97
L-2	X-1	25	68,33	67,94	68,13
L-2	X-2	25	72,41	69,14	70,78
L-2	Y-1	15	56,14	63,43	59,79
L-2	Y-2	15	47,82	68,33	58,08
L-2	Y-1	20	60,70	51,25	55,98
L-2	Y-2	20	34,40	51,91	43,16

Continuacion TABLA XVII

L-2	Y-1	25	52,11	50,41	51,26
L-2	Y-2	25	58,56	59,01	58,78
L-2	Z-1	15	70,15	50,98	65,06
L-2	Z-2	15	82,44	105,02	93,73
L-2	Z-1	20	105,60	98,99	102,25
L-2	Z-2	20	99,03	102,37	100,70
L-2	Z-1	25	119,59	82,02	106,00
L-2	Z-2	25	77,17	107,42	102,29
L-1	X-1	15	73,81	67,78	70,79
L-1	X-2	15	64,52	62,75	63,04
L-1	X-1	20	83,10	80,95	82,03
L-1	X-2	20	71,96	69,64	70,80
L-1	X-1	25	67,40	68,17	67,78
L-1	X-2	25	75,27	73,86	74,57

exfoliaciones en el
recubrimiento.

2.2.5.3.2 PROBETAS. determinación

Las probetas para la
determinación de la
adherencia se tomaron de la
parte media del tubo.

Su longitud es de 1.000 mm.,
lo que facilita el manipuleo
y el desarrollo de la prueba.

2.2.5.3.3 INSTRUMENTAL.

Máquina dobladora de tubos.

2.2.5.3.4 PROCEDIMIENTO.

Doblar el tubo a 90 grados
(+/- 20 grados de tolerancia)
alrededor de un radio ocho
veces mayor al diámetro
exterior del tubo.

2.2.5.3.5 RESULTADOS.

Los resultados del ensayo de doblado para la determinación de la adherencia se tabulan

L-2 en la Tabla XVIII.

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

L-2

TABLA XVIII

DETERMINACION DE LA ADHERENCIA. RESULTADOS.

L-2	X-1	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	X-2	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	X-1	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	X-2	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	X-1	25	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	X-2	25	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Y-1	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Y-2	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Y-1	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Y-2	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Y-1	25	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Y-2	25	No se registran grietas o escamaciones.

Continuacion TABLA XVIII

L-2	Z-1	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Z-2	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Z-1	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Z-2	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Z-1	25	No se registran grietas o escamaciones.
L-2	Z-2	25	No se registran grietas o escamaciones.
L-1	X-1	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-1	X-2	15	No se registran grietas o escamaciones.
L-1	X-1	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-1	X-2	20	No se registran grietas o escamaciones.
L-1	X-1	25	No se registran grietas o escamaciones.
L-1	X-2	25	No se registran grietas o escamaciones.

El presente documento es una copia para todos los
 TUBERÍA DE ACERO. CAPITULO III el Proyecto de Norma
 TABLA 1. Composición química del acero.

EVALUACION DE RESULTADOS.

3.1 MATERIAL DEL TUBO.

El Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410
 especifica la siguiente composición química para el
 material utilizado en la fabricación de tubería
 galvanizada.

31. Composición química del acero.

COMPOSICION QUIMICA

composición química del acero.

Elemento	Porcentaje maximo
----------	-------------------

De acuerdo a la Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

C	0,30
---	------

este elemento debe estar comprendido entre 0,18 y 0,30

Si	0,05
----	------

o comprendido entre 0,18 y 0,30

3.2 CORROSION

S	0,05
---	------

De acuerdo a la Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

P	0,05
---	------

falla al ser sometido a prueba de resistencia.

Esta composición química es válida para todos los tipos de tubería definidos en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, es decir :

- Tubería liviana 1.

PORCENTAJE DE CARBONO PORCENTAJE DE NITRÓGENO PORCENTAJE DE AZUFRE PORCENTAJE DE FOSFORO

(MAX)

- Tubería liviana 2.

- Tubería mediana.

- Tubería pesada.

0.20

0.19

Si hacemos un gráfico porcentaje de elemento vs. tipo de probeta los resultados obtenidos se verían tal como muestran las Figuras 3.23 y 3.24.

0.11

0.10

De éstos se vé que la composición química del material se encuentra dentro de los límites establecidos en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

0.06

(MAX)

(MAX)

(MAX)

3.2 CORDON DE SOLDADURA.

FIGURA 23. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TUBOS DE ACERO.
 De acuerdo a los resultados tabulados en el Capítulo II, los tubos - probeta L-2 Y-1 15 y L-2 Y-2 15, fallan al ser sometidos al ensayo de aplastamiento.

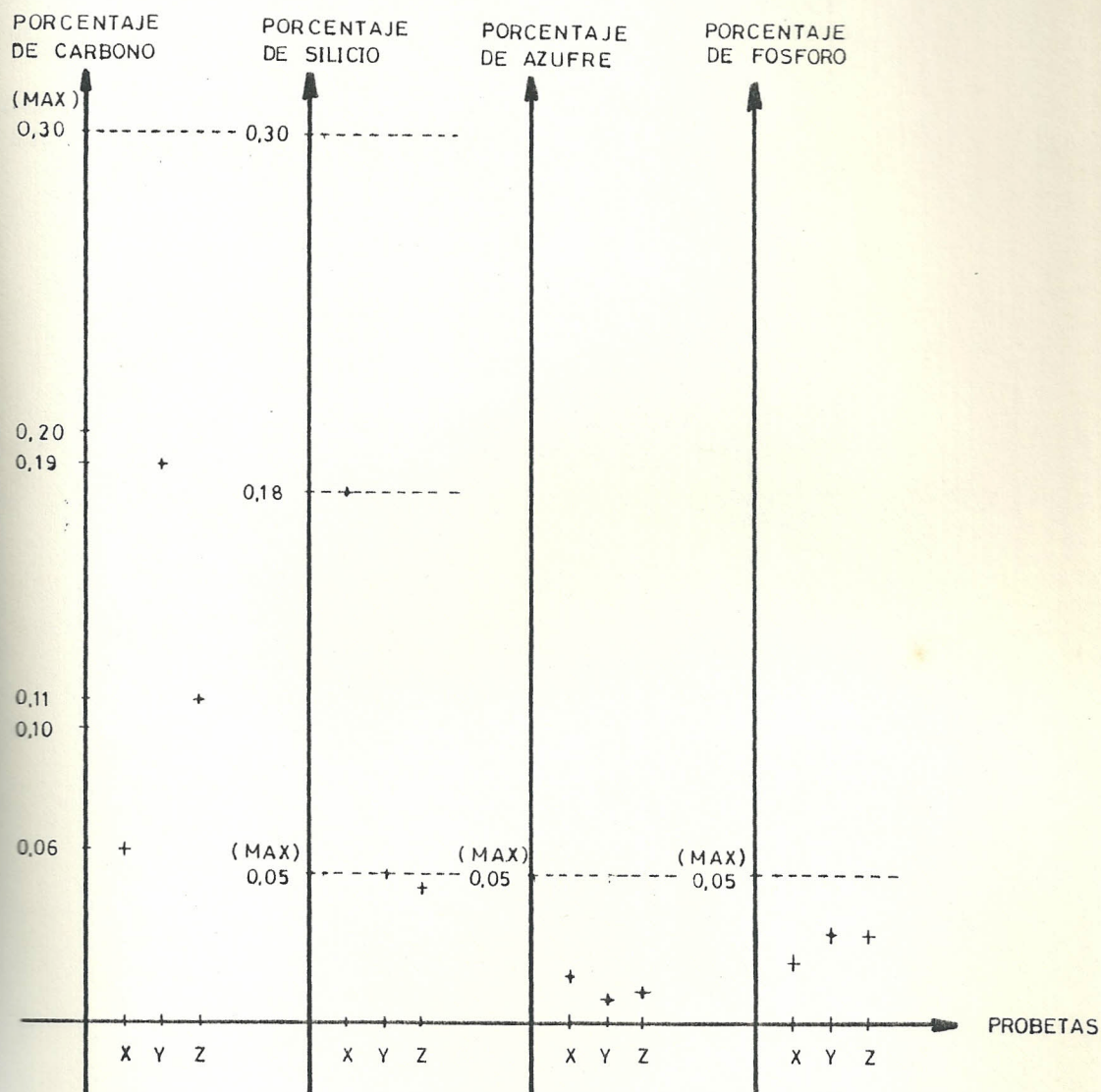


FIGURA 23 - COMPOSICION QUIMICA DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2.
FABRICAS X,Y,Z.

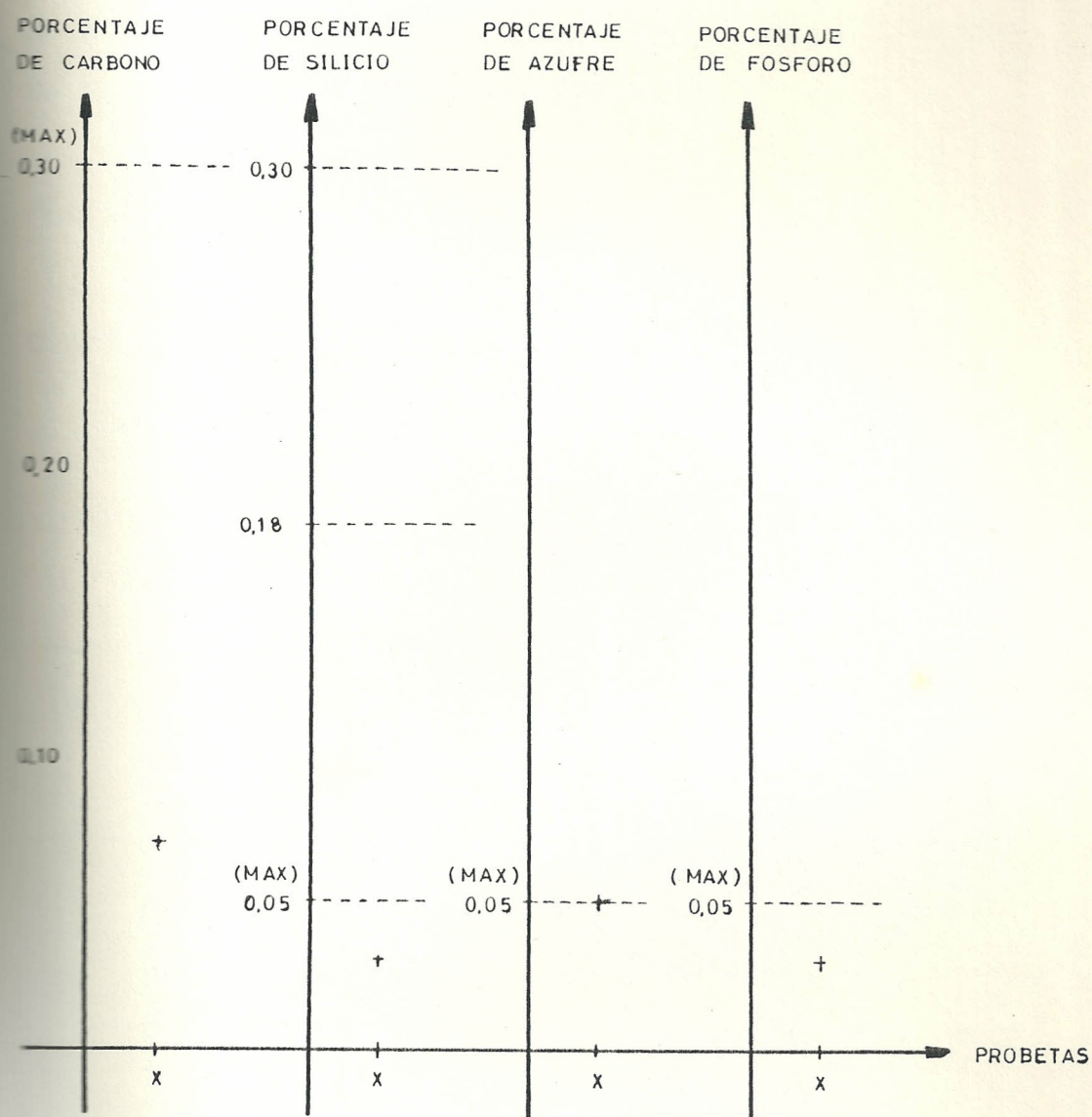


FIGURA 24 COMPOSICION QUIMICA DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.
FABRICA X.

3.3 PRUEBA HIDROSTATICA.

Ningún tubo - probeta presenta fugas al ser sometido a la presión hidrostática establecida en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

3.4 CONTROL DEL TUBO TERMINADO.

3.4.1 ESPESOR DE PARED DEL TUBO.

Las tolerancias en el espesor de pared del tubo, establecidas en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, son como siguen: para la clase Liviana 2 se admitirá una variación de - 8 por ciento y sin límite hacia el +. Para la clases pesada, mediana y liviana 1, se admitirá una variación de -12,5 por ciento y sin límite hacia el +. Se admitirá una variación de - 15 por ciento en áreas aisladas cuya longitud no exceda de dos veces el diámetro exterior del tubo, siempre que la reducción del espesor afecte únicamente la superficie exterior. (Ver Tabla XIX).

Para evaluar los resultados tabulados en el

TABLA XIX
TOLERANCIAS EN EL ESPESOR DE PARED.

TUBERIA LIVIANA 2.				
Tamano Nominal		ESPESOR DE PARED (mm.)		
mm.	(pul)	Nominal.	- 8 %	- 15 %
15	(1/2)	2,0	1,84	1,70
20	(3/4)	2,3	2,11	1,95
25	(1)	2,6	2,39	2,21

TUBERIA LIVIANA 1.				
Tamano Nominal		ESPESOR DE PARED (mm.)		
mm.	(pul)	Nominal.	- 12,5 %	- 15 %
15	(1/2)	2,3	2,01	1,95
20	(3/4)	2,01	1,95	1,95
25	(1)	2,9	2,53	2,46

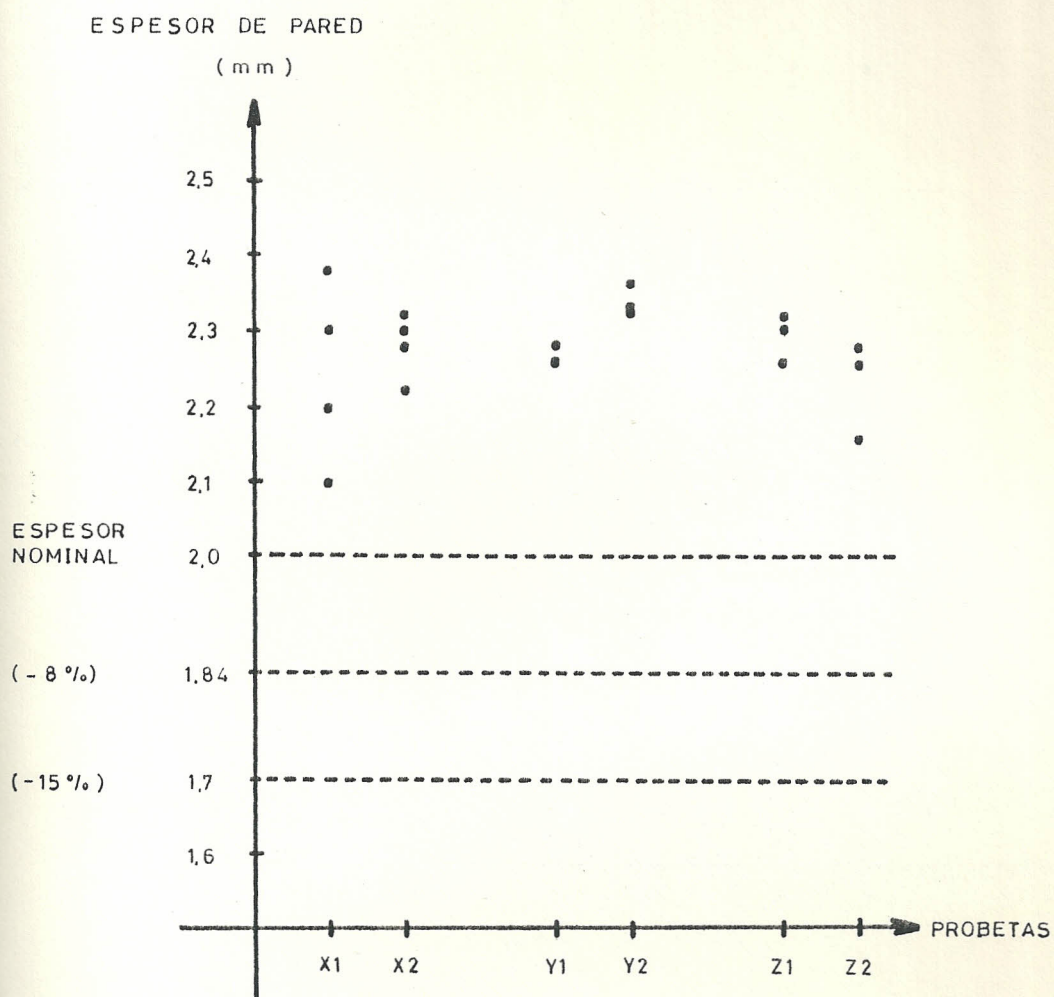


FIGURA 25 - ESPEJOR DE PARED DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2.
TAMAÑO NOMINAL: 15.

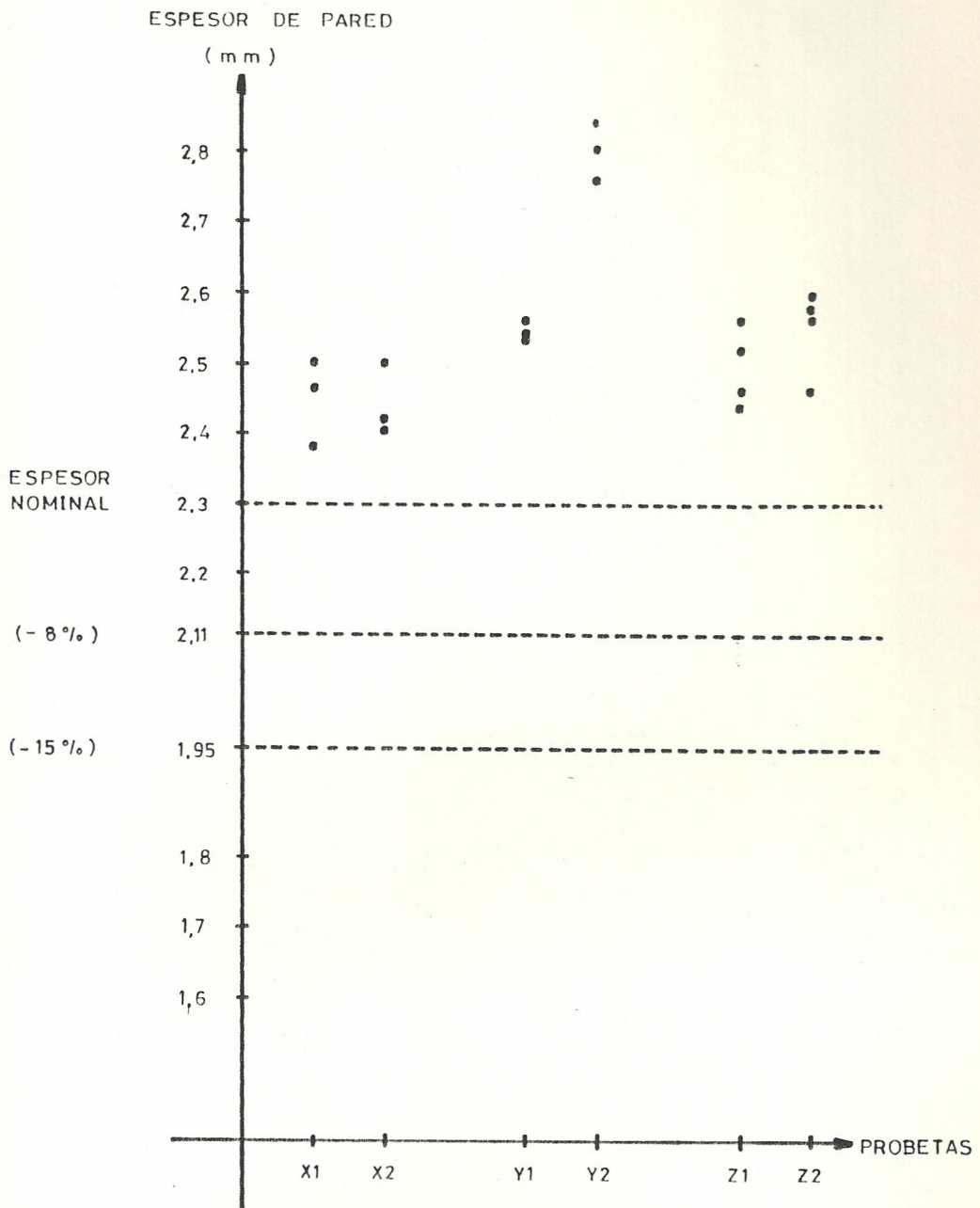


FIGURA 26 _ ESPEJOR DE PARED DE PARED DE LOS TUBOS-PROBETA ISO
LIGHT-2 . TAMAÑO NOMINAL: 20

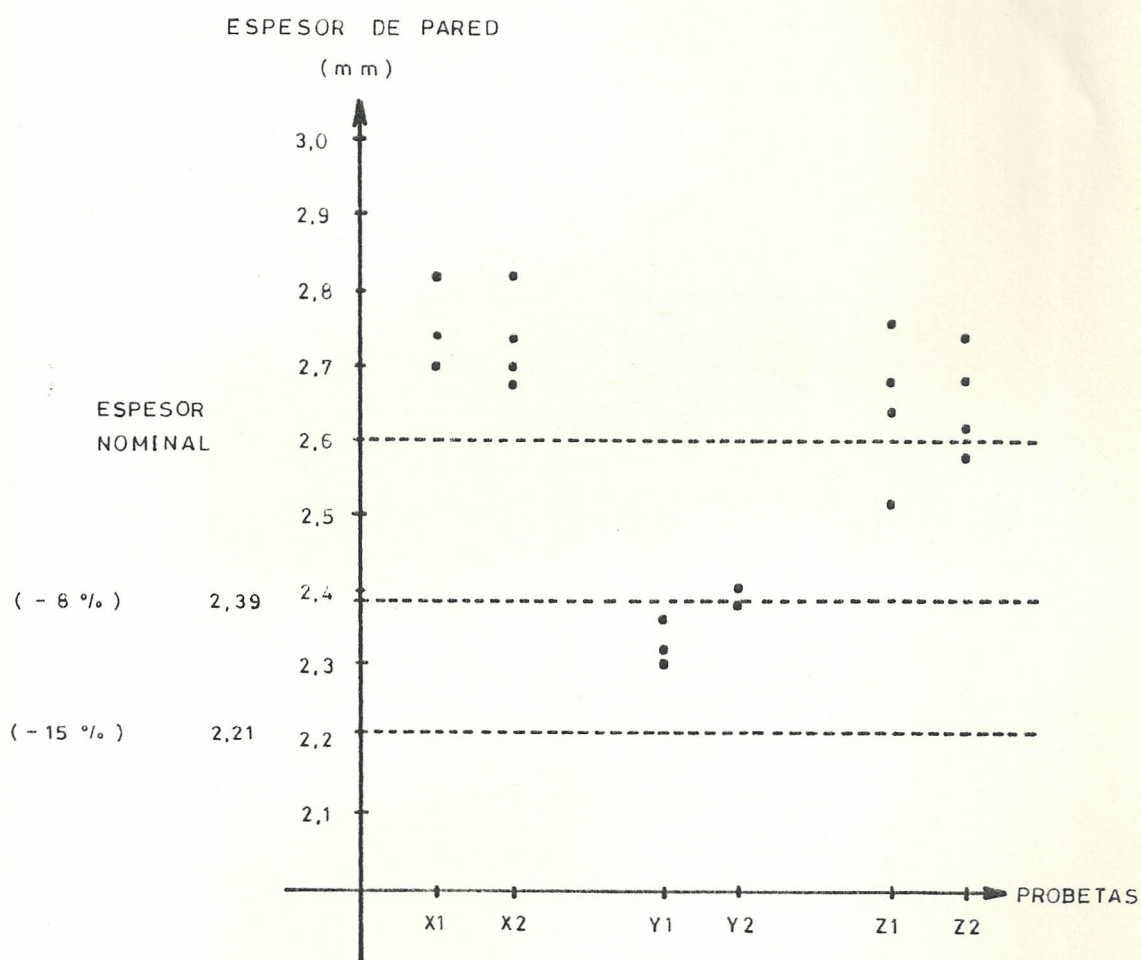


FIGURA 27 - ESPEJOR DE PARED DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT 2.
TAMAÑO NOMINAL: 25.

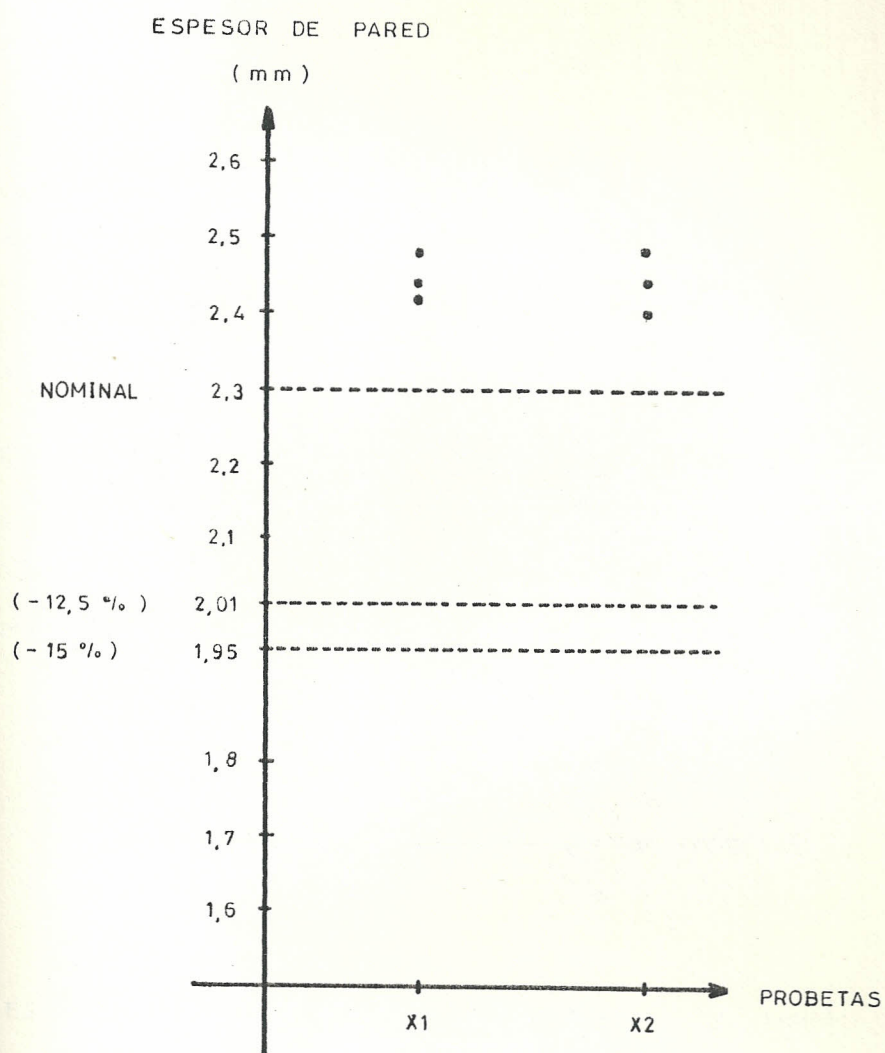


FIGURA 28 - ESPESOR DE PARED DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.
TAMAÑO NOMINAL: 15.

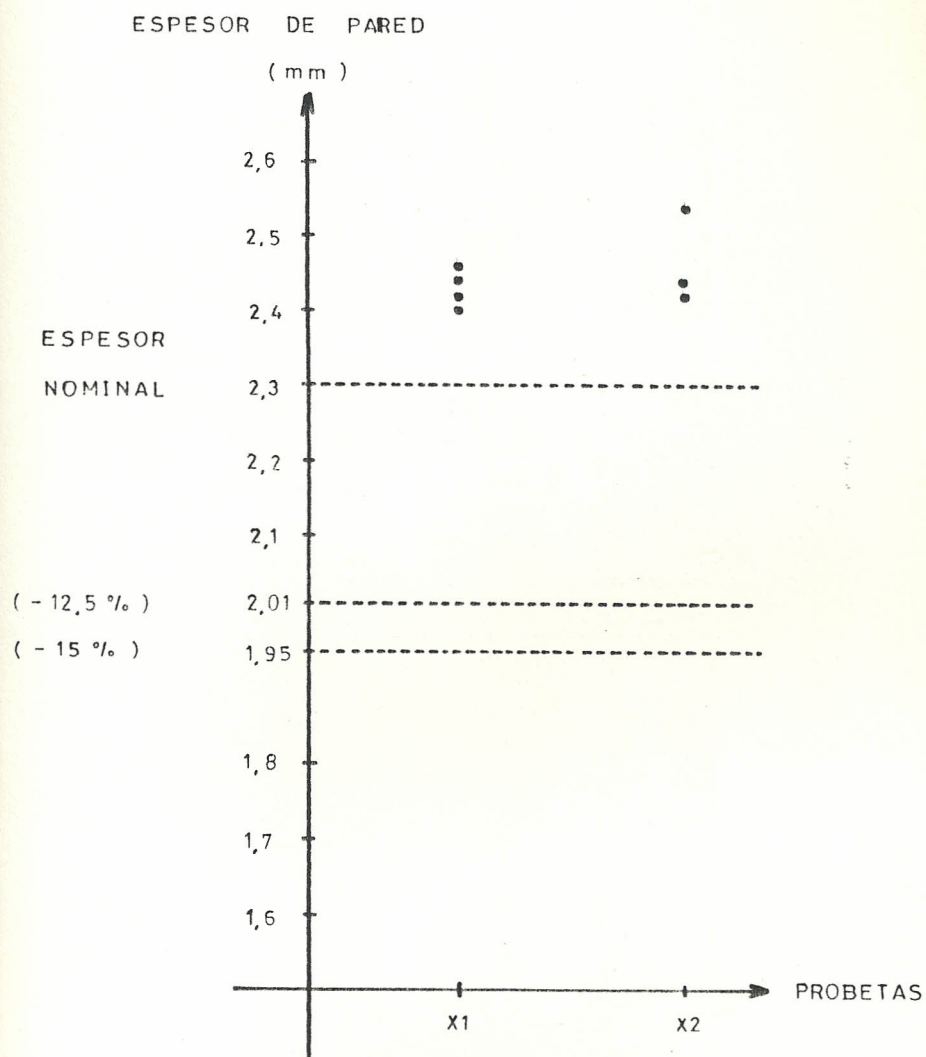
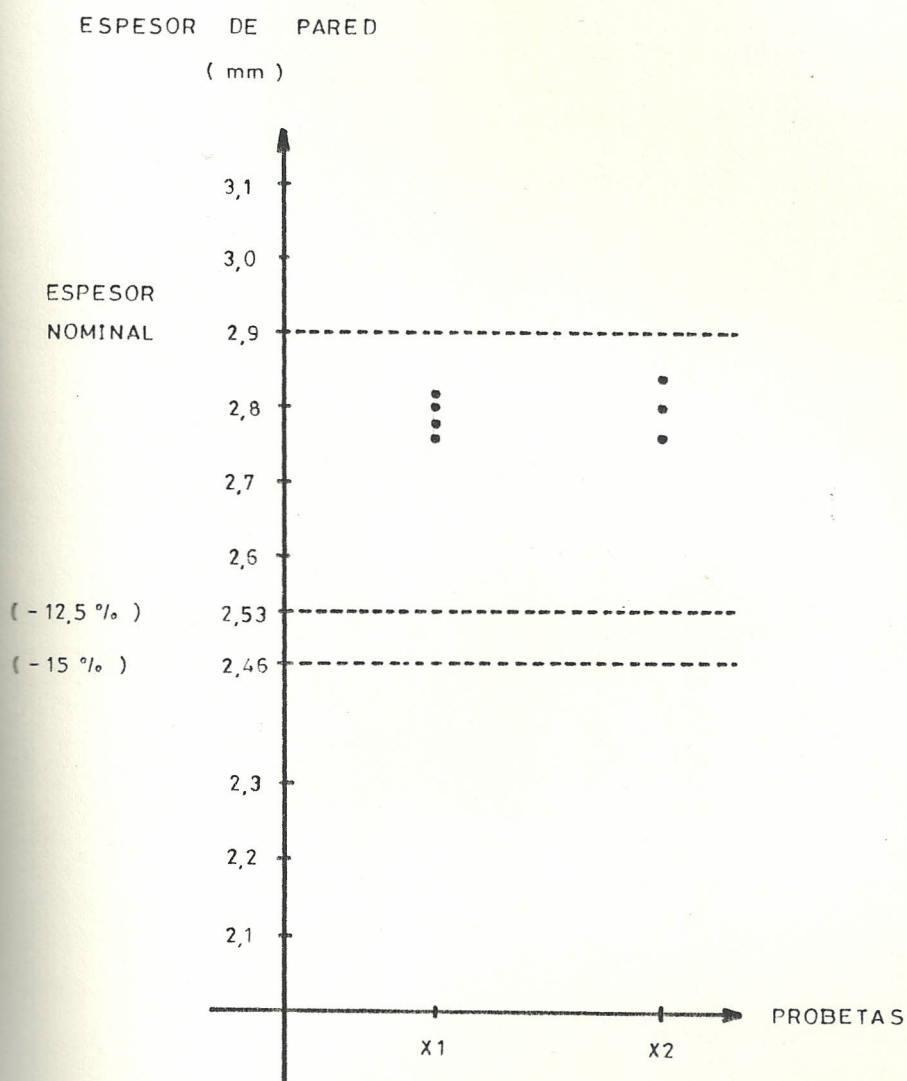


FIGURA 29 - ESPESOR DE PARED DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.

TAMAÑO NOMINAL : 20.



30 - ESPEJOR DE PARED DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.

TAMAÑO NOMINAL : 25.

3.4.2 DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO.

El diámetro exterior del tubo debe encontrarse dentro de los límites establecidos en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410. (Ver Tabla XX).

Para evaluar los resultados tabulados en el Capítulo II, se han construido gráficos diámetro exterior vs. tipo de probeta, manteniendo constantes el diámetro nominal y el tipo de tubería. (Ver Figuras 3.31, 3.32, 3.33, 3.34, 3.35 y 3.36).

Los tubos - probeta L-2 Y-1 15 y L-2 Y-2 15, están sobre el límite superior en el diámetro exterior.

Los tubos - probeta L-2 X-2 25, L-2 Z-1 25 y L-2 Z-2 25, están bajo el límite inferior en el diámetro exterior. Estos tres tubos - probeta no cumplen con los requisitos establecidos en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, para el diámetro exterior.

TABLA XX

TOLERANCIAS EN EL DIAMETRO EXTERIOR.

TUBERIA LIVIANA 2.

Tamano Nominal		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		
mm.	(pul)	Teorico	Maximo	Minimo
15	(1/2)	21,3	21,4	21,0
20	(3/4)	26,9	26,9	26,4
25	(1)	33,7	33,8	33,2

TUBERIA LIVIANA 1.

Tamano Nominal		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		
mm.	(pul)	Teorico	Maximo	Minimo
15	(1/2)	21,3	21,7	21,0
20	(3/4)	26,9	27,1	26,0
25	(1)	33,7	34,0	33,2

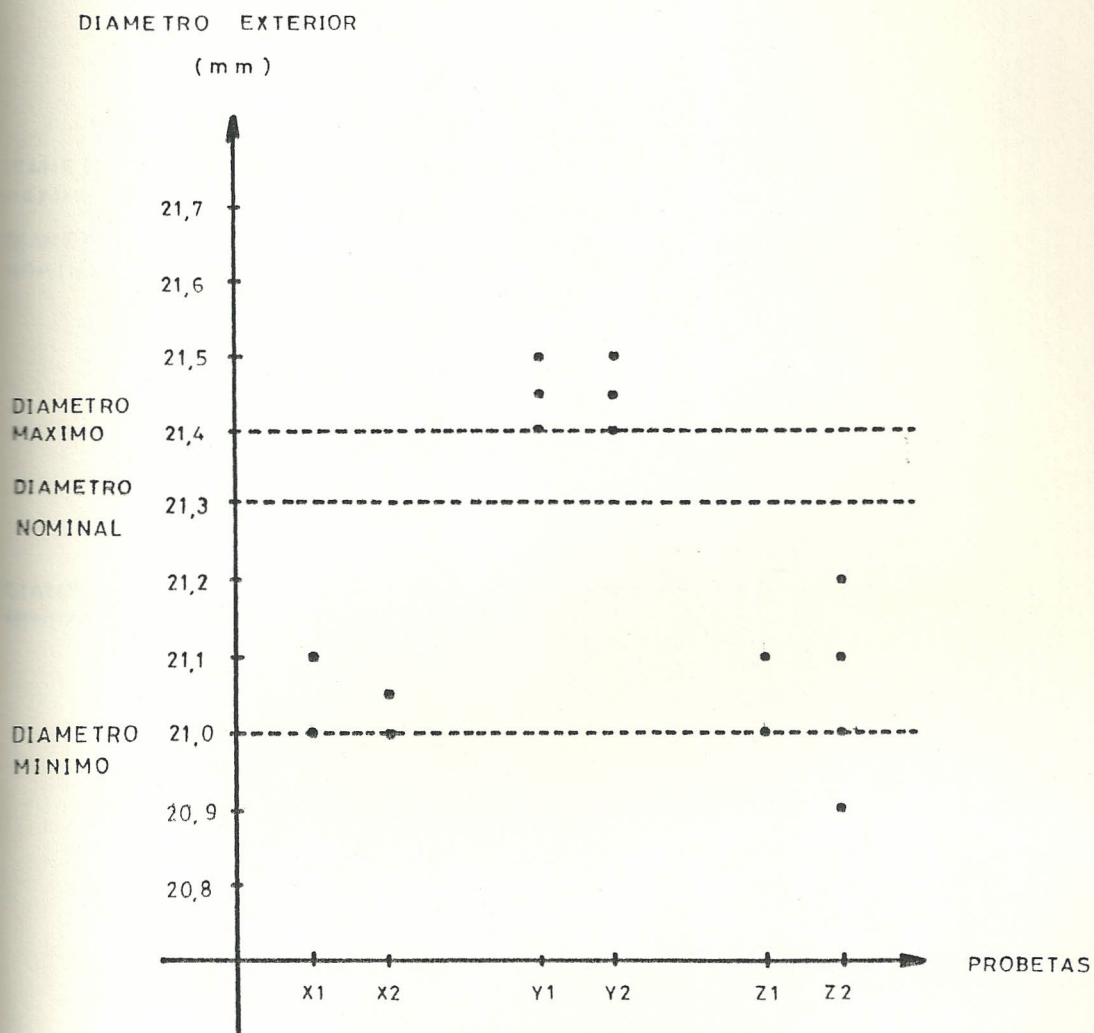


FIGURA 31 - DIAMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2.

TAMAÑO NOMINAL : 15.

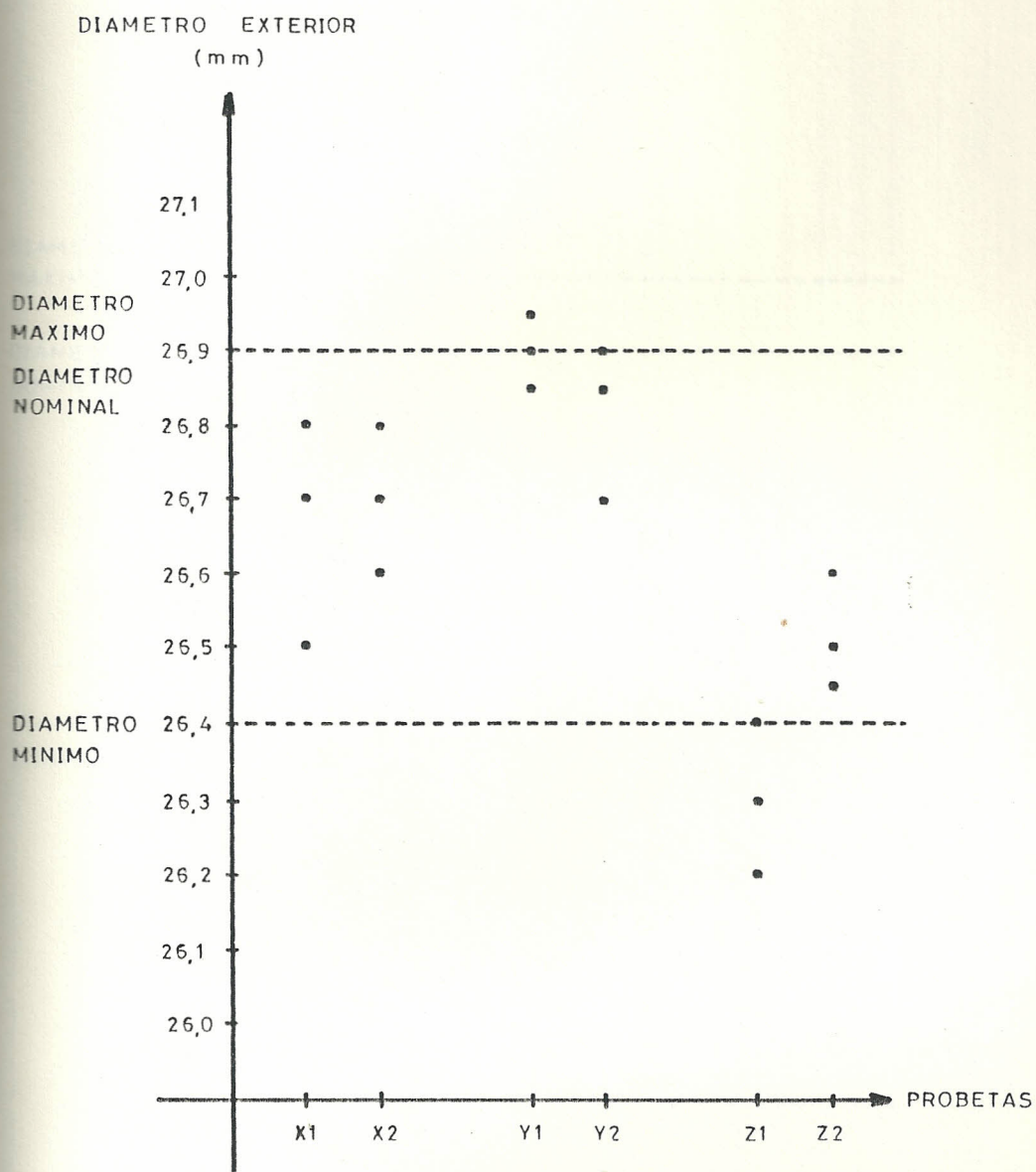


FIGURA 32 - DIAMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2.

TAMAÑO NOMINAL: 20.

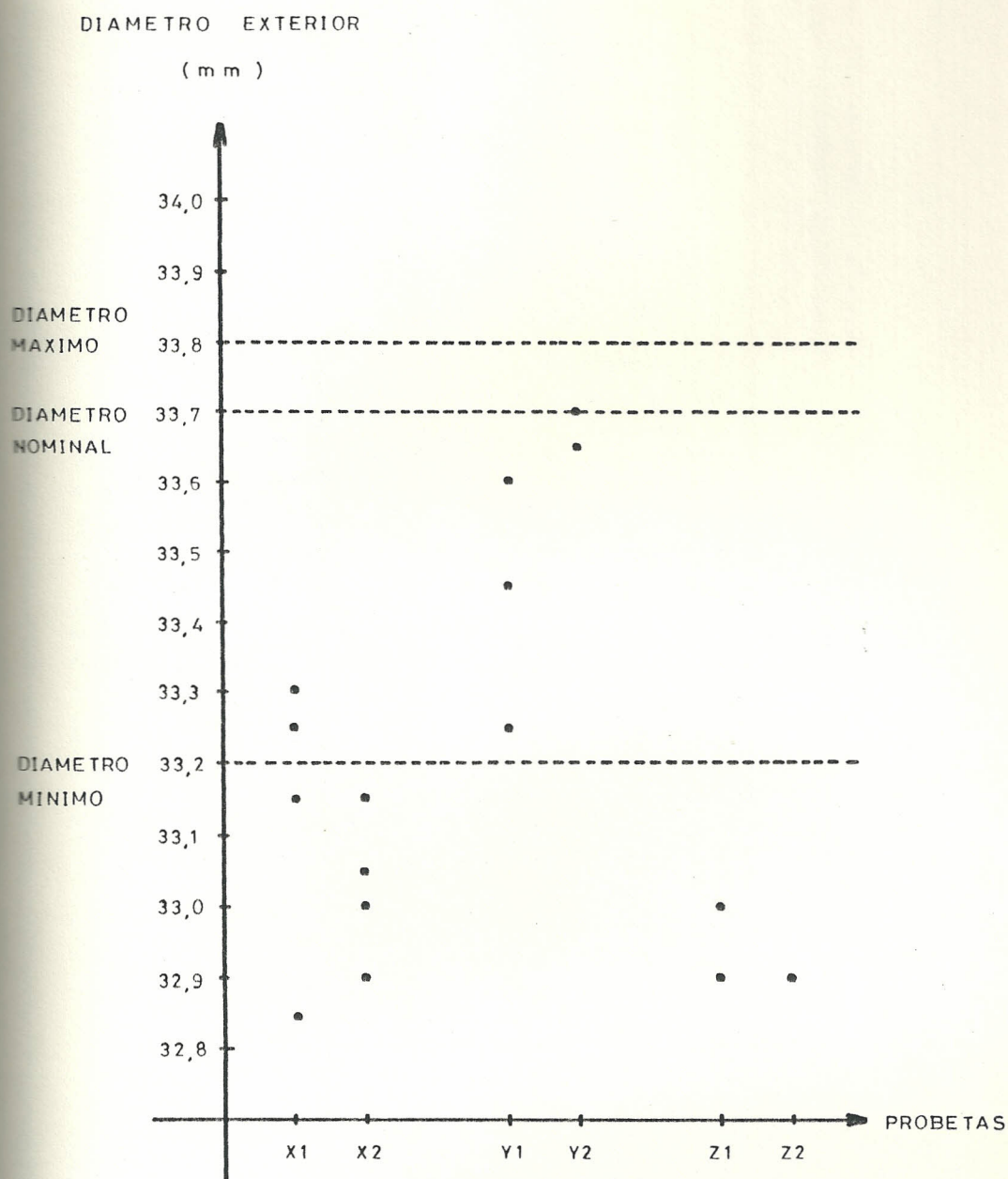


FIGURA 33 - DIAMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2.

TAMAÑO NOMINAL: 25.

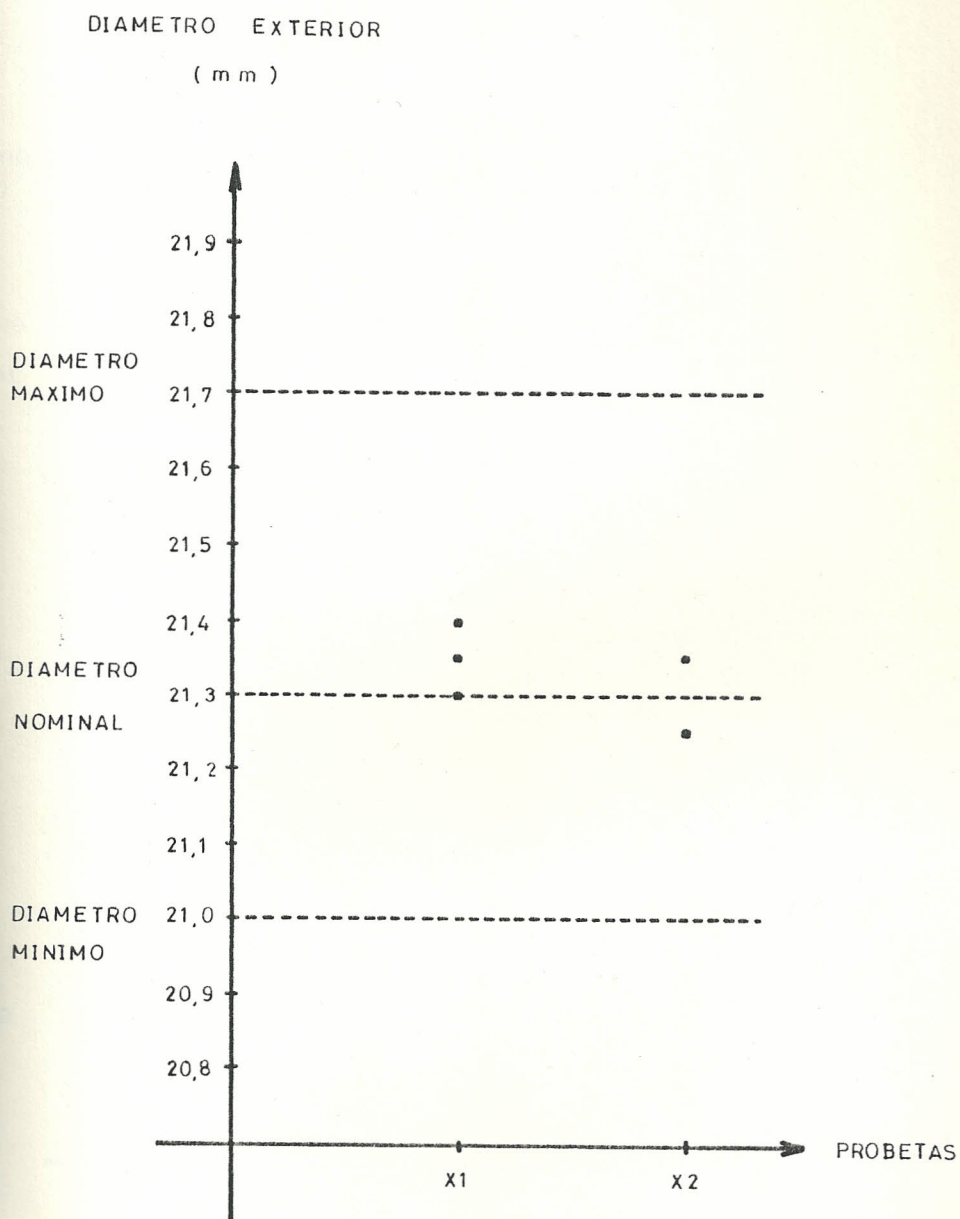


FIGURA 34 - DIAMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.
TAMAÑO NOMINAL: 15.

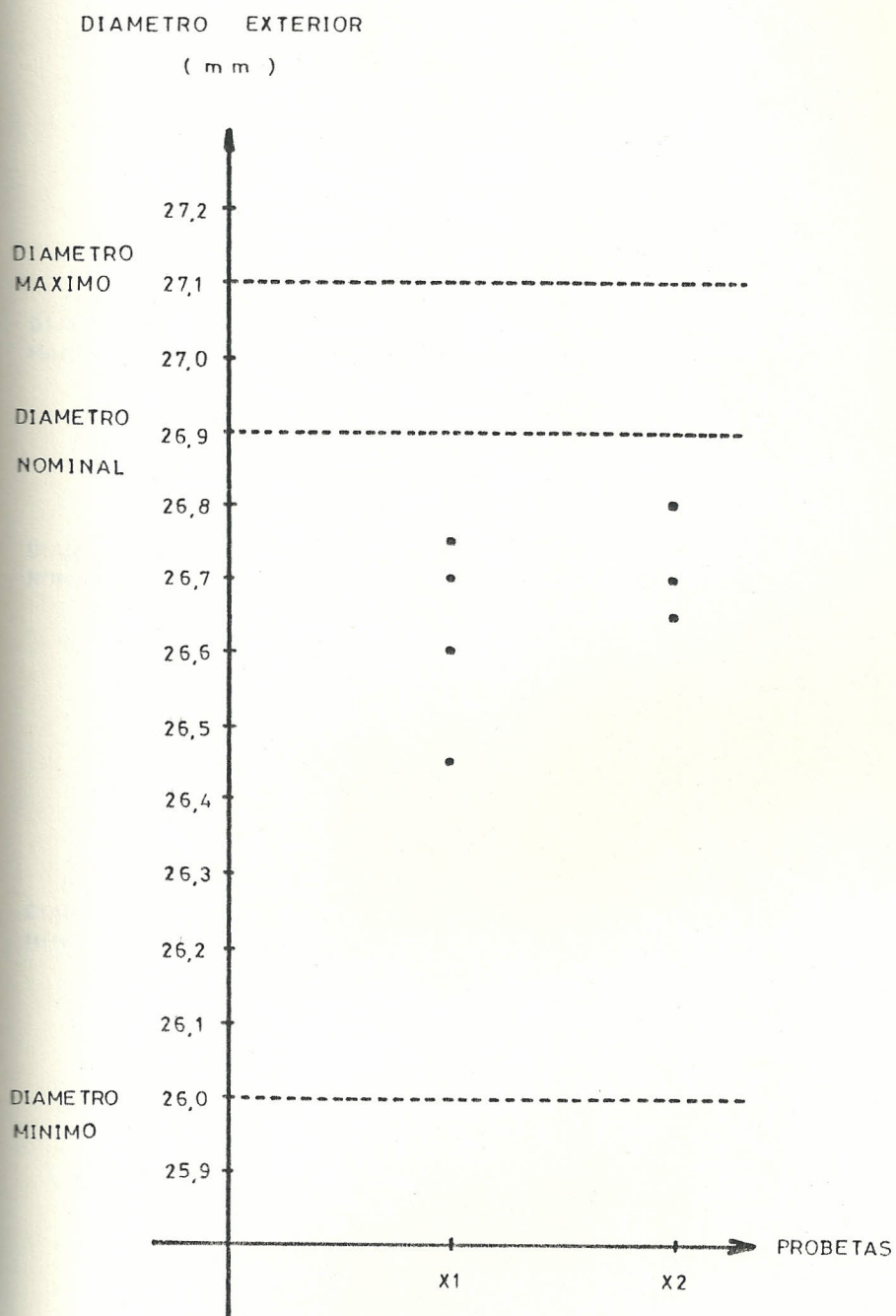


FIGURA 35 - DIAMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.

TAMAÑO NOMINAL: 20.

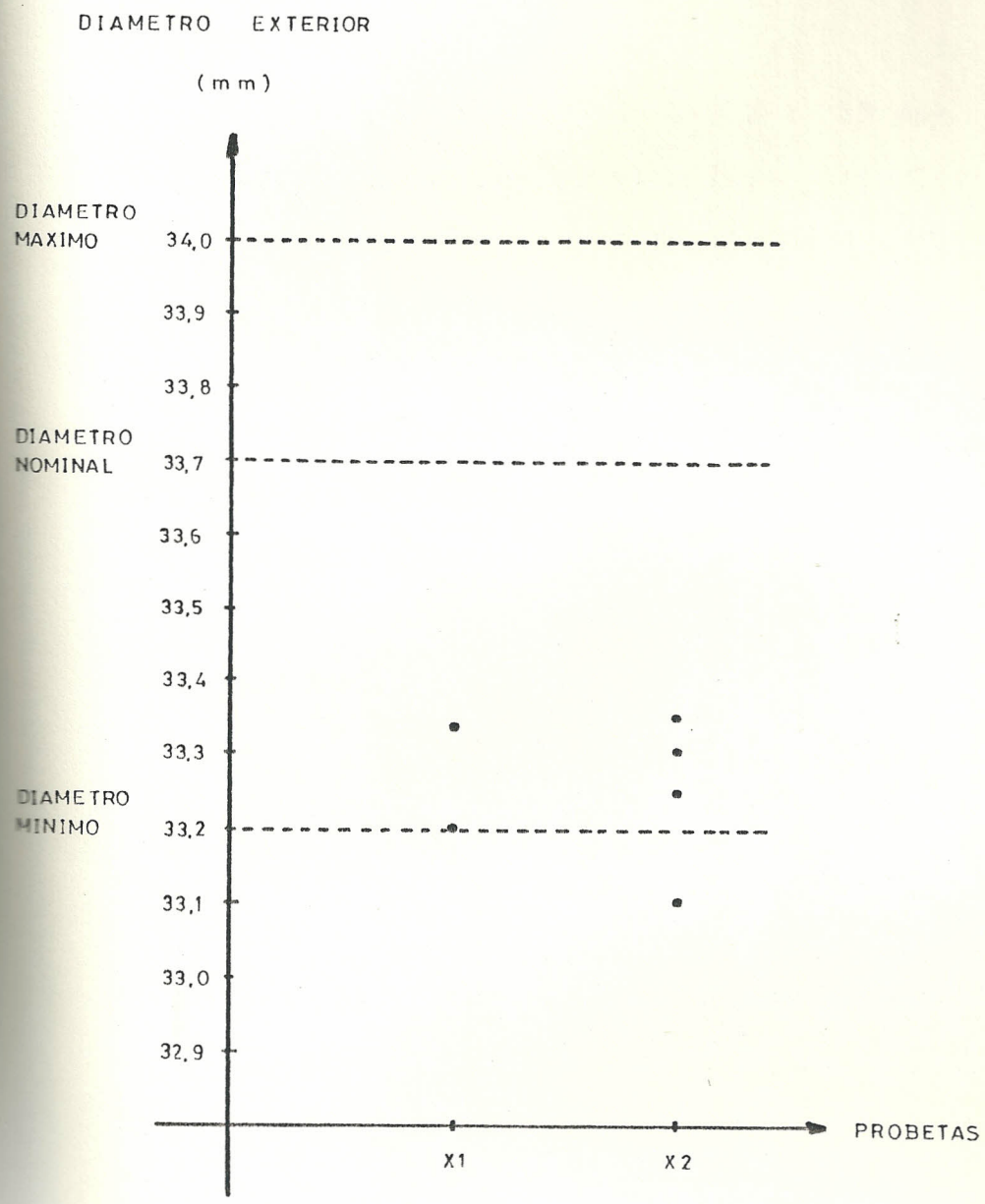


FIGURA 36 - DIAMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.

TAMAÑO NOMINAL: 25.

En el tubo - probeta L-2 Z-1 20 dos de las medidas coinciden con el límite inferior y las otras dos están bajo este límite.

En el tubo - probeta L-2 X-1 25 dos de las medidas están sobre el límite inferior y las otras dos están bajo este límite.

Estos dos tubos - probeta cumplen ajustadamente con los requisitos establecidos en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, para el diámetro exterior.

3.4.3 MASA DEL TUBO.

Las tolerancias en la masa por unidad de longitud, son como siguen :

Para la clase liviana 2, se admitirán las siguientes variaciones:

- + 10 por ciento, y
- 8 por ciento para cada tubo.

3.4.4 +/- 5 por ciento por carga de 10 toneladas.

Para las clases pesada, mediana y liviana 1, se

TABLA XXI

TOLERANCIAS EN LA MASA POR UNIDAD DE LONGITUD.

TUBERIA LIVIANA 2.				
Tamano Nominal		MASA TEORICA DEL TUBO SIN RECUBRIMIENTO. (Kg/m.)		
mm.	(pul)	Teorico	+ 10 %	- 8 %
15	(1/2)	0,947	1,0417	0,87124
20	(3/4)	1,38	1,518	1,2696
25	(1)	1,98	2,178	1,8216
TUBERIA LIVIANA 1.				
Tamano Nominal		MASA TEORICA DEL TUBO SIN RECUBRIMIENTO. (Kg/m.)		
mm.	(pul)	Teorico	+ 10 %	- 8 %
15	(1/2)	1,08	1,188	0,972
20	(3/4)	1,39	1,529	1,251
25	(1)	2,20	2,420	1,980

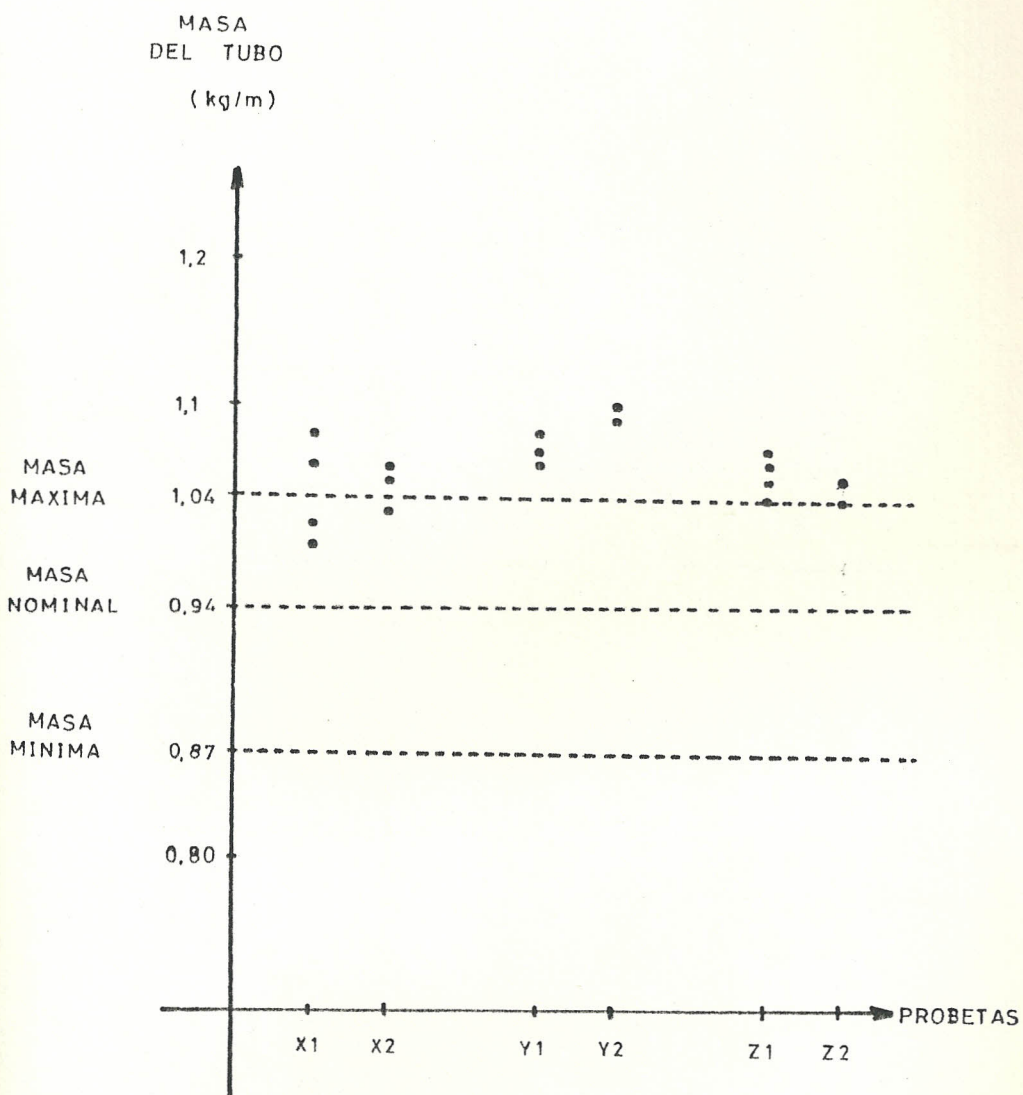


FIGURA 37 MASA POR UNIDAD DE LONGITUD DE LOS TUBOS-PROBETA
ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 15.

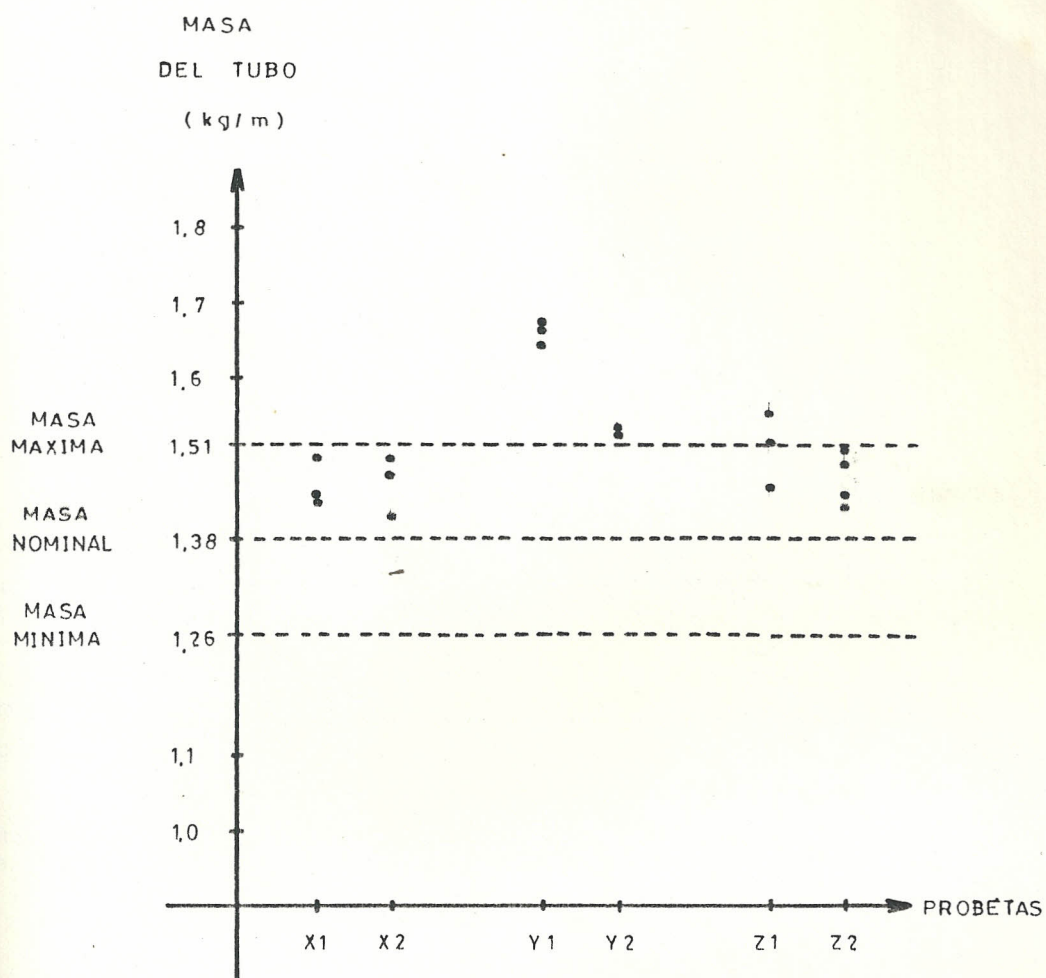


FIGURA 38 - MASA POR UNIDAD DE LONGITUD DE LOS TUBOS-PROBETA

ISO - LIGHT 2. TAMAÑO NOMINAL: 20 .

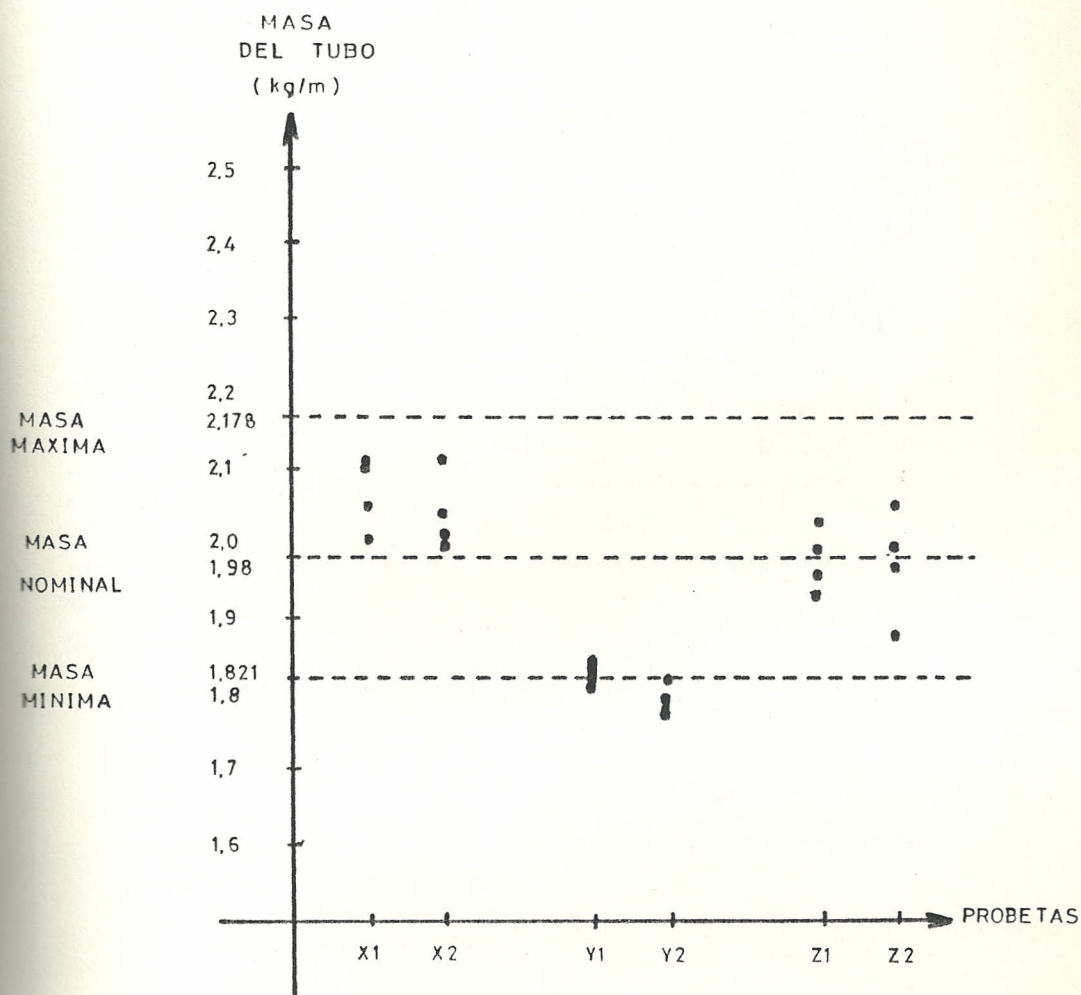


FIGURA 39 - MASA POR UNIDAD DE LONGITUD DE LOS TUBOS-PROBETA
ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 25.

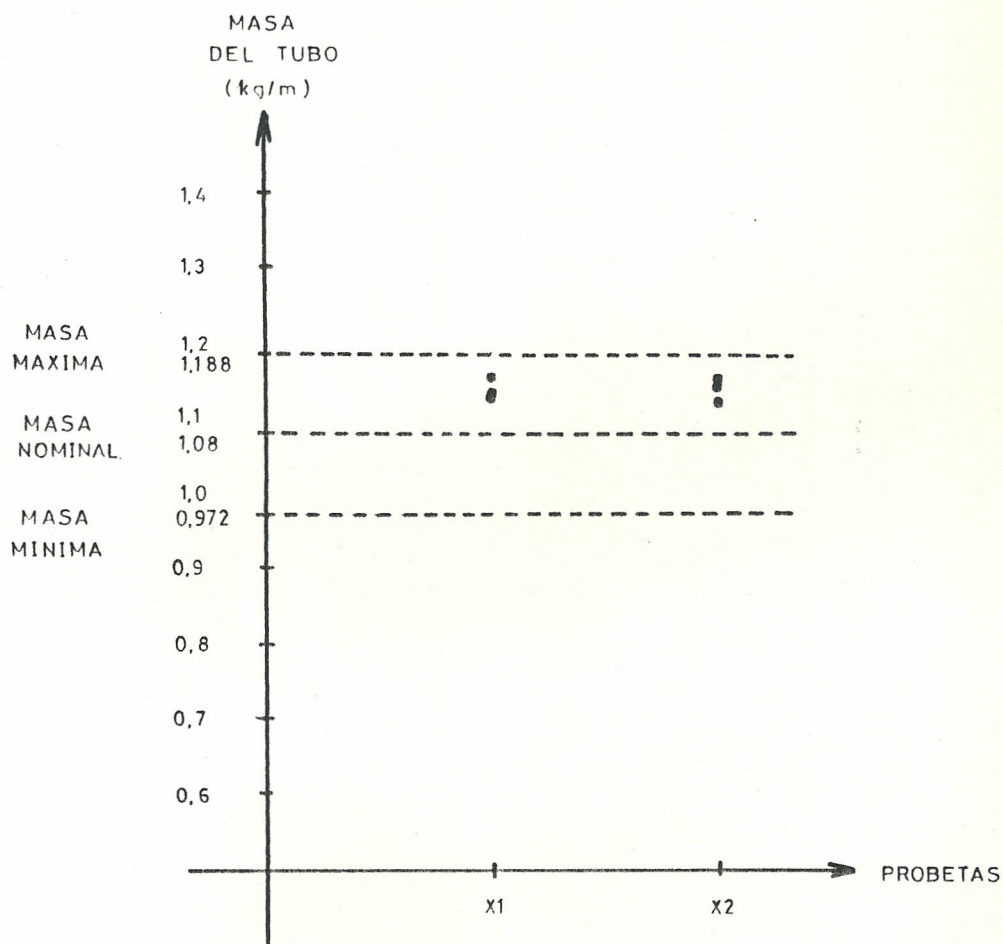


FIGURA 40 - MASA POR UNIDAD DE LONGITUD DE LOS TUBOS-PROBETA
ISO LIGHT-1. TAMAÑO NOMINAL: 15.

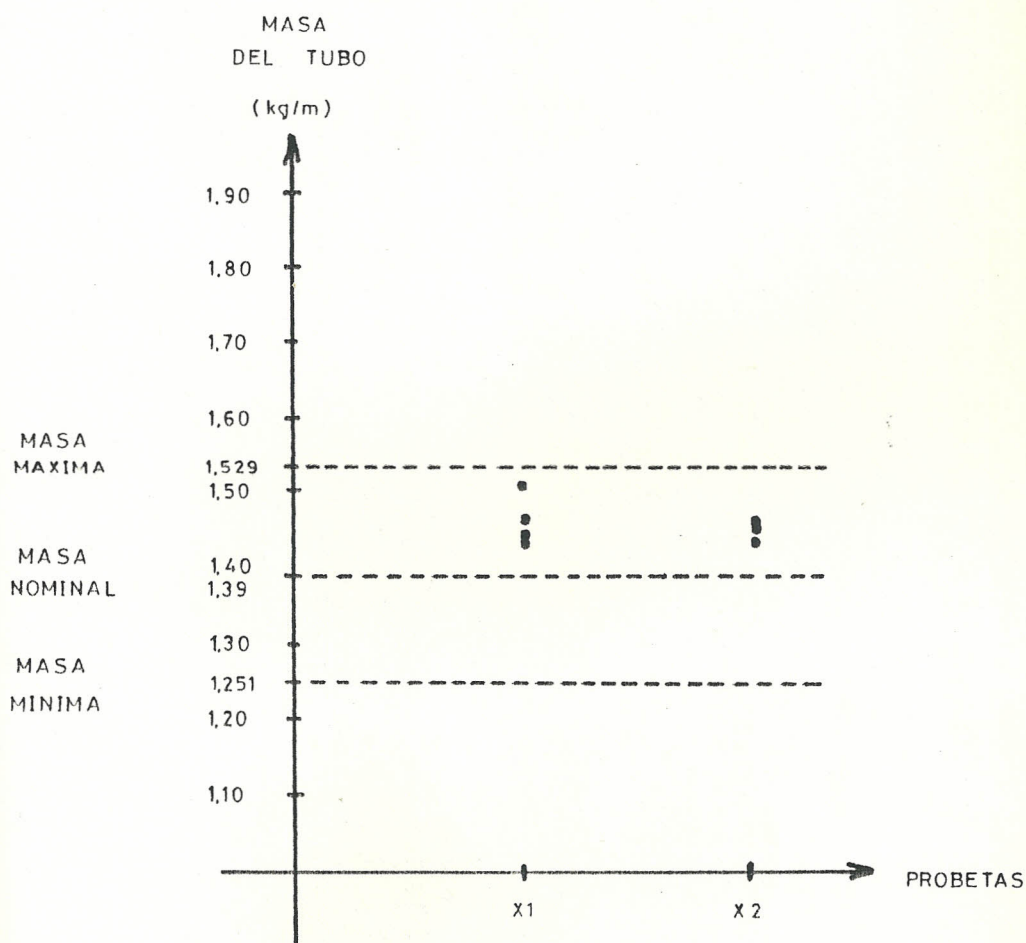


FIGURA 41 - MASA POR UNIDAD DE LONGITUD DE LOS TUBOS - PROBETA
ISO LIGHT-1. TAMAÑO NOMINAL: 20.

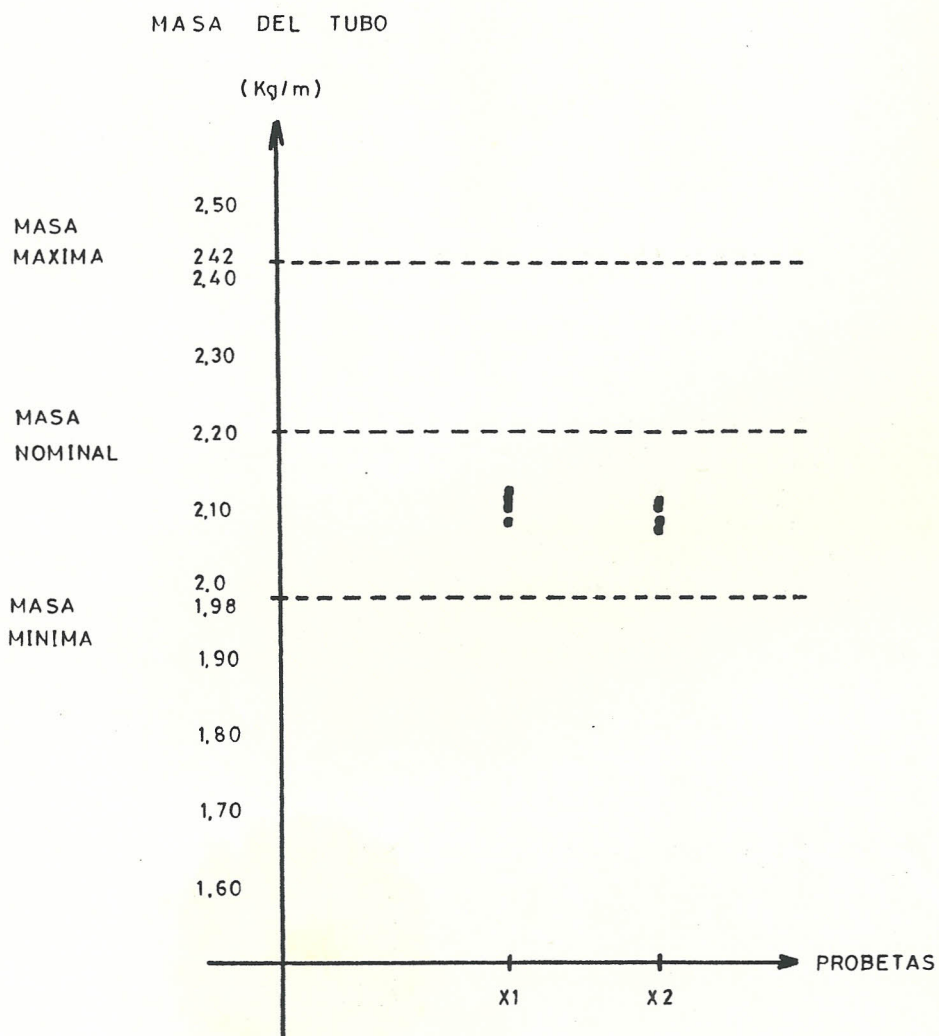


FIGURA 42 - MASA POR UNIDAD DE LONGITUD DE LONGITUD DE LOS
TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1.TAMAÑO NOMINAL: 25.

se concluye que los tubos - probeta L-2 X-1 20, L-2 X-2 20, L-2 Y-2 20, L-2 Z-1 15, L-2 Z-2 15, L-2 Z-1 20, L-2 Z-2 20, L-1 X-1 20 y L-1 X-2 20, no cumplen con los requisitos de recepción establecidos en INEN 117.

6.050

3.4.5 LONGITUD DEL TUBO.

LONGITUD
MAXIMA

5.030

El Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, establece que la longitud de los tubos debe estar comprendida entre la longitud nominal menos el 0,2 por ciento y la longitud nominal

LONGITUD
NOMINAL

5.0

LONGITUD
MINIMA

4.950

mas el 0,5 por ciento.

Para evaluar los resultados tabulados en el Capitulo II, se han construido gráficos longitud del tubo vs. tipo de probeta, manteniendo constantes el diámetro nominal y el tipo de tubería. (Ver Figuras 3.43, 3.44,

FIGURA 43 3.45 y 3.46)

NOMINAL 15

Los tubos - probeta L-2 X-1 20, L-2 X-2 20, L-2 X-2 25, L-1 X-1 15 y L-1 X-2 25, están sobre el límite superior establecido en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

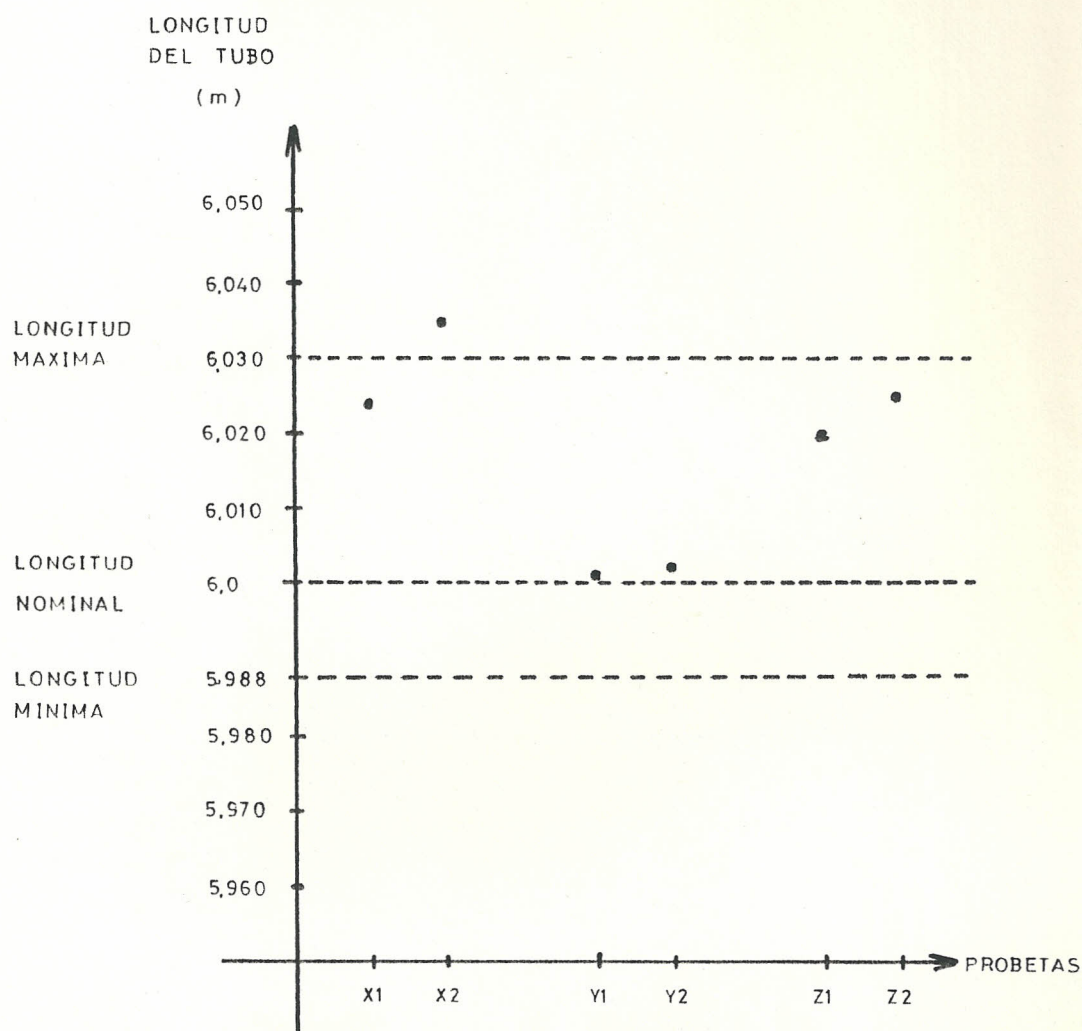


FIGURA 43 - LONGITUD DE LOS TUBOS PROBETA ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 15.

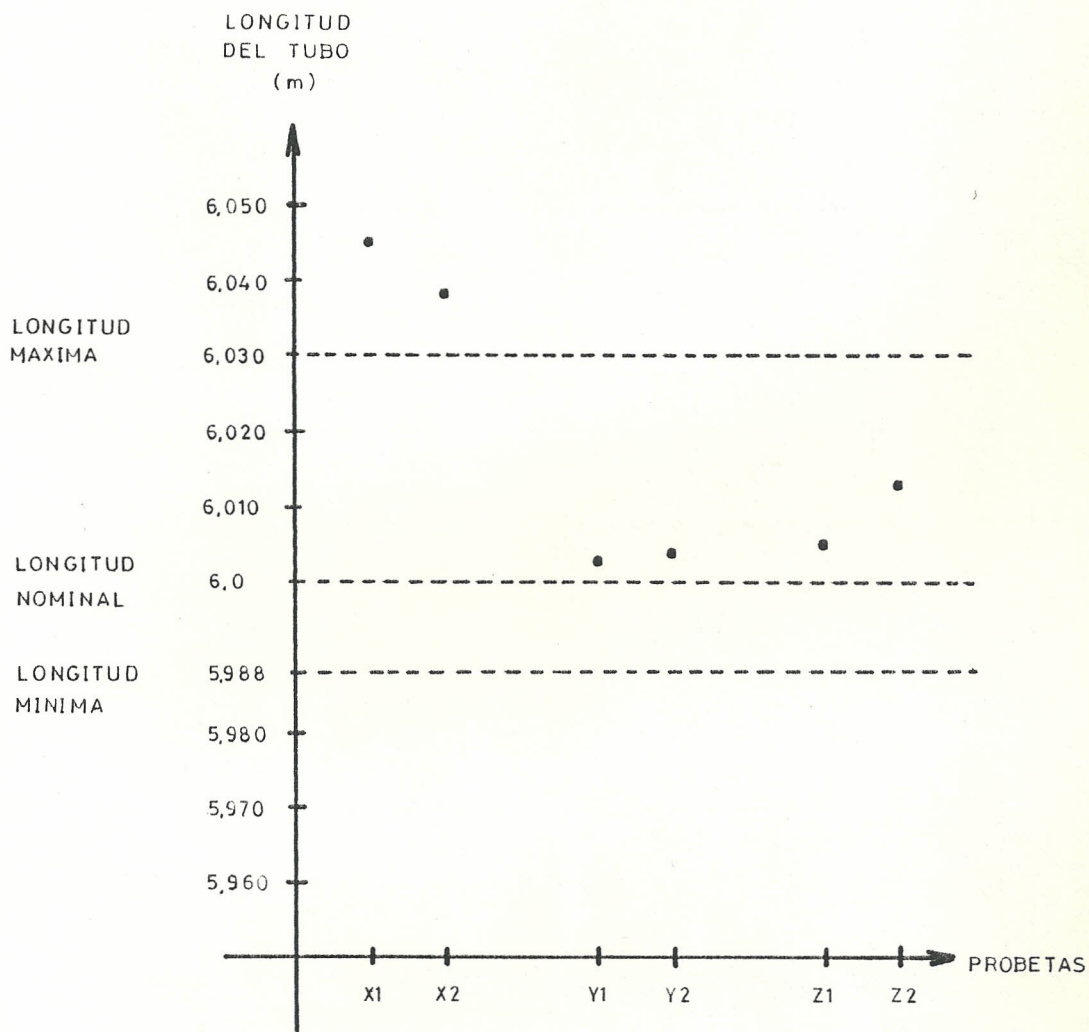


FIGURA 44 - LONGITUD DE LOS TUBOS PROBETA ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 20.

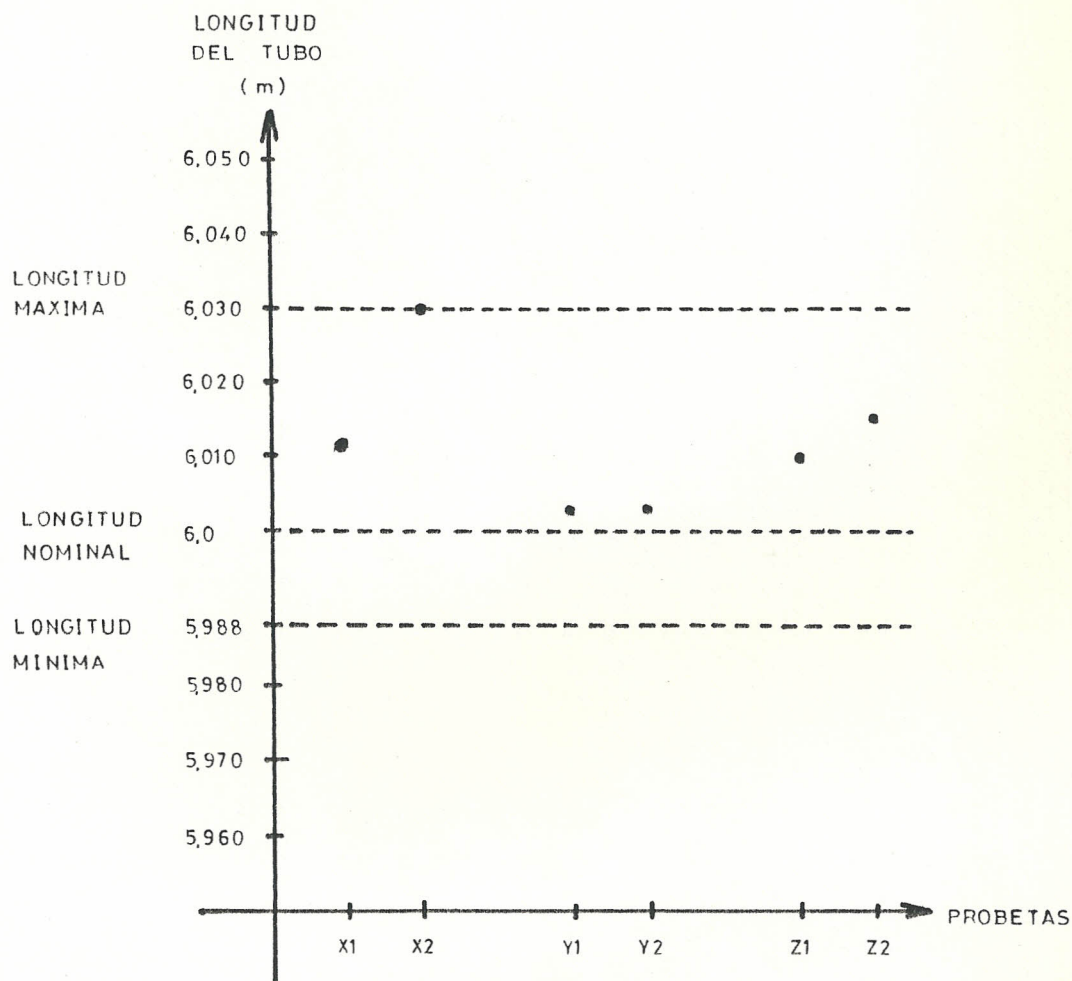


FIGURA 45 - LONGITUD DE LOS TUBOS PROBETA ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 25.

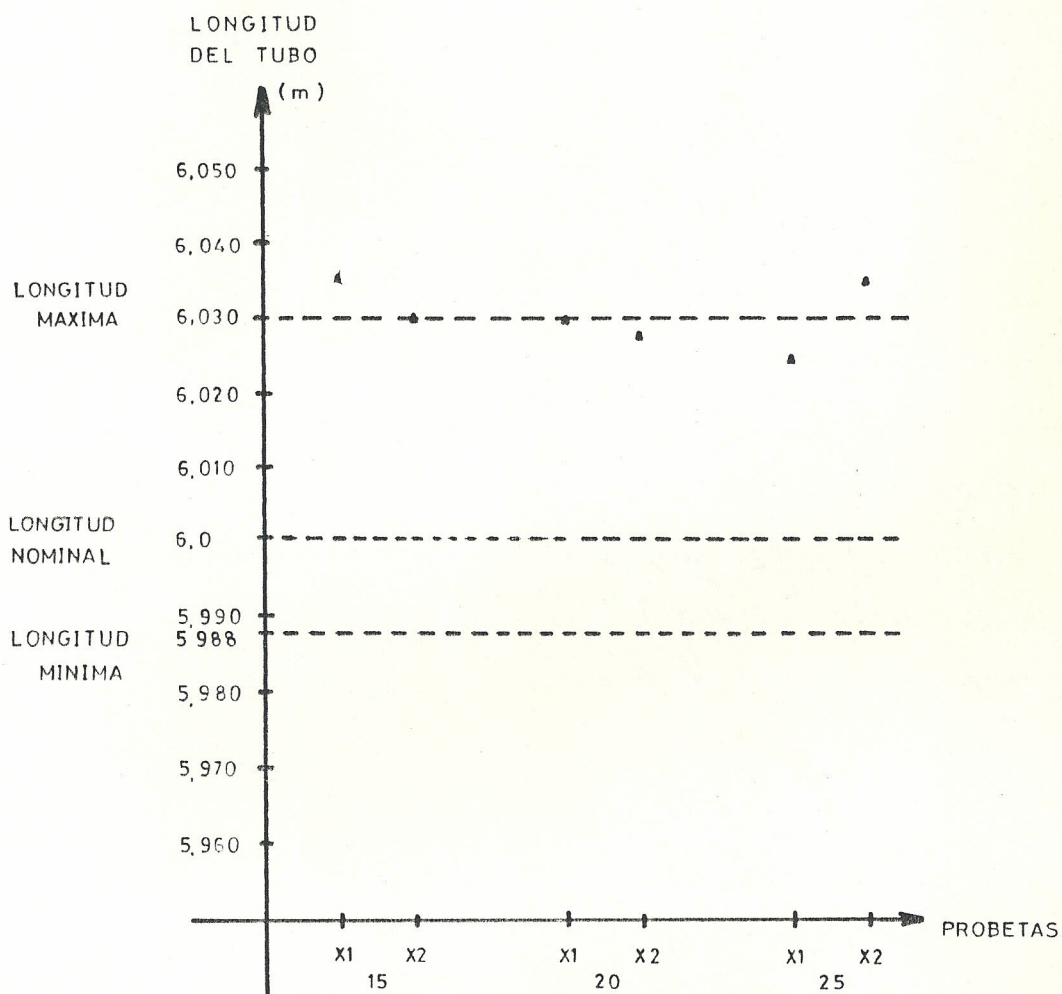


FIGURA 46 - LONGITUD DE LOS TUBOS PROBETA ISO LIGHT-1. TAMAÑOS NOMINALES: 15, 20, 25.

3.5 CONTROL DEL GALVANIZADO.

3.5.1 MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE.

RECUBRIMIENTO
(g/m²)

MASA PROMEDIO

MASA INDIVIDUAL

La Norma Técnica INEN 1054 " Recubrimientos de zinc sobre productos tubulares y sus accesorios. Requisitos y muestreo ", establece que la masa mínima para productos recubiertos por inmersión en caliente, es la que corresponde a una masa mínima por unidad de superficie promedio de 400 gramos por metro cuadrado y de 350 gramos por metro cuadrado para la masa por unidad de superficie individual.

Para evaluar los resultados tabulados en el Capítulo II, se han construido gráficos masa de recubrimiento vs. tipo de probeta, manteniendo constantes el diámetro nominal y el tipo de tubería. (Ver Figuras 3.47, 3.48, 3.49 y 3.50).

En el tubo - probeta L-2 Y-2 15, una de las medidas individuales está bajo el límite.

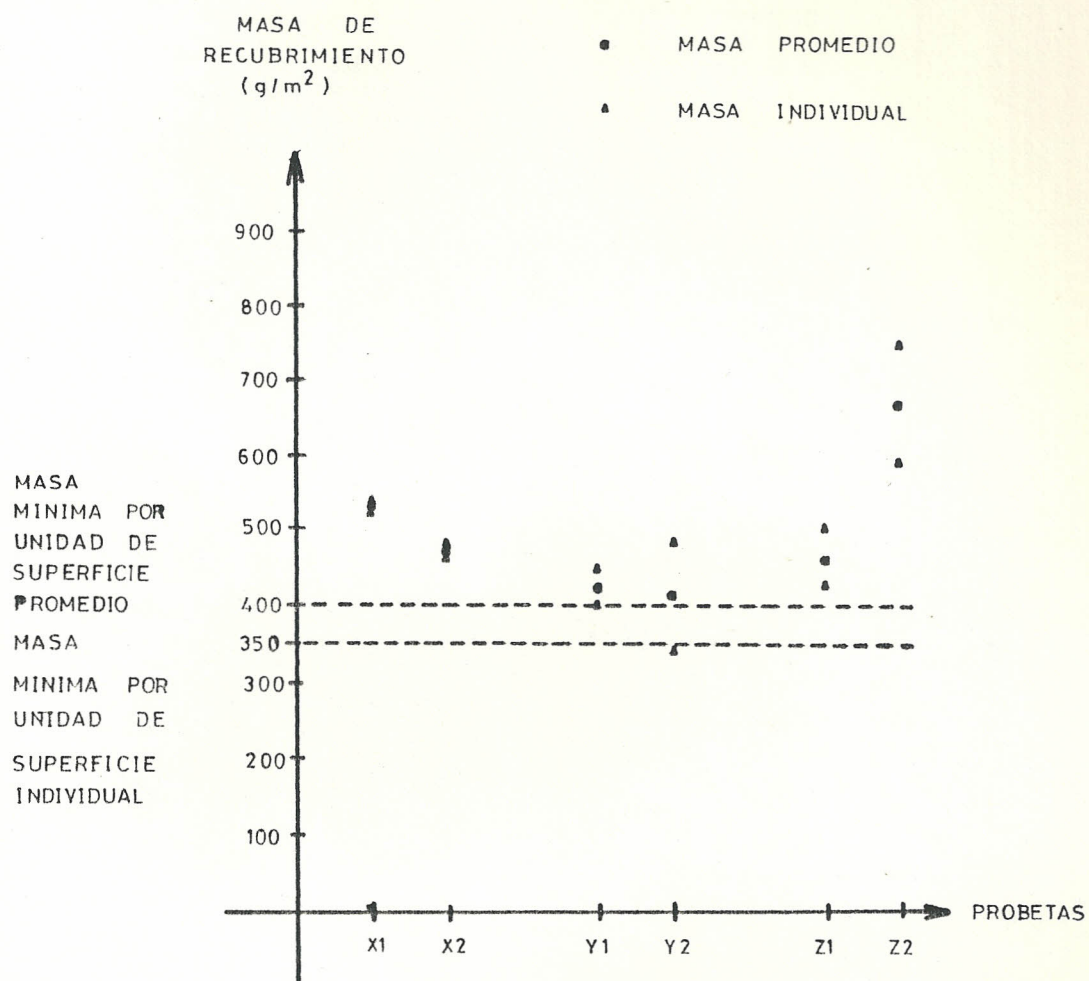
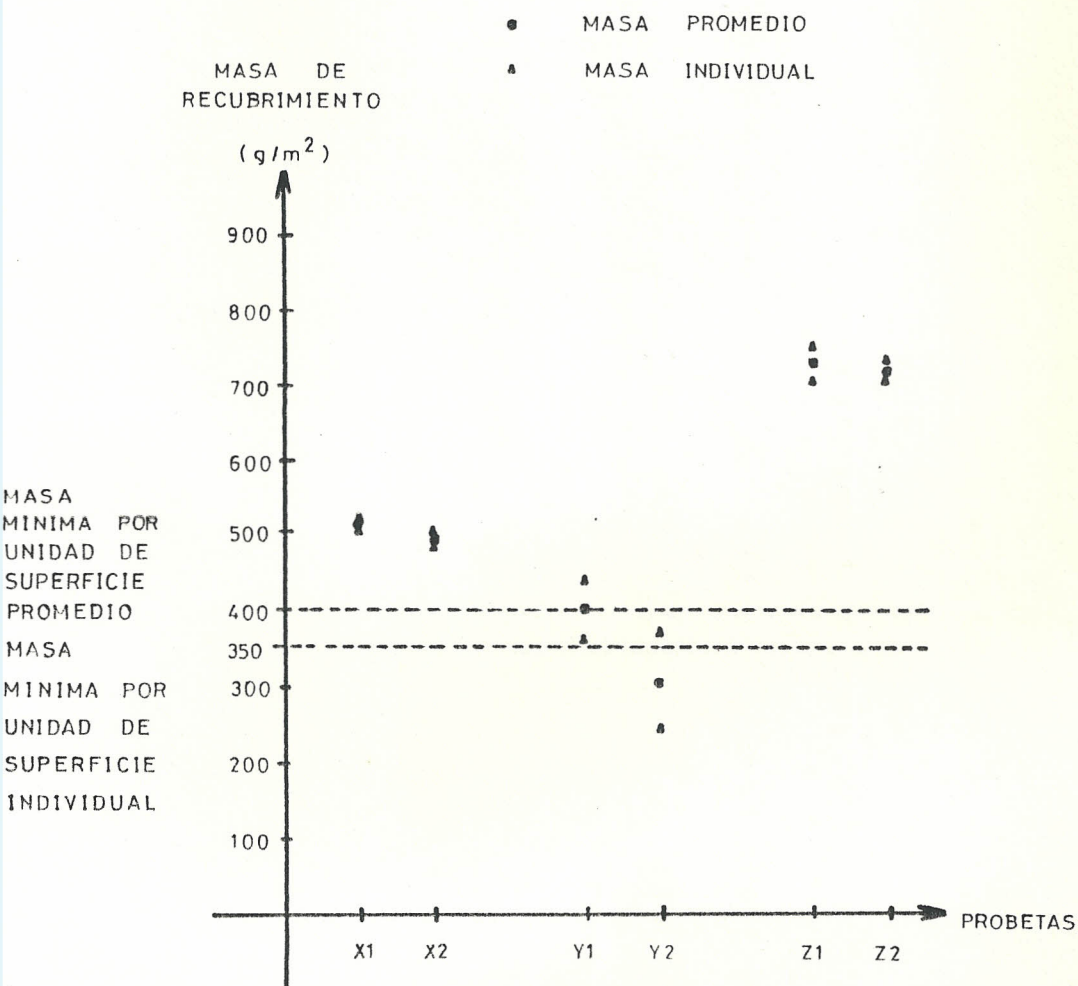


FIGURA 47 - MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 15.



GURA 48 - MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE
 DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 20.

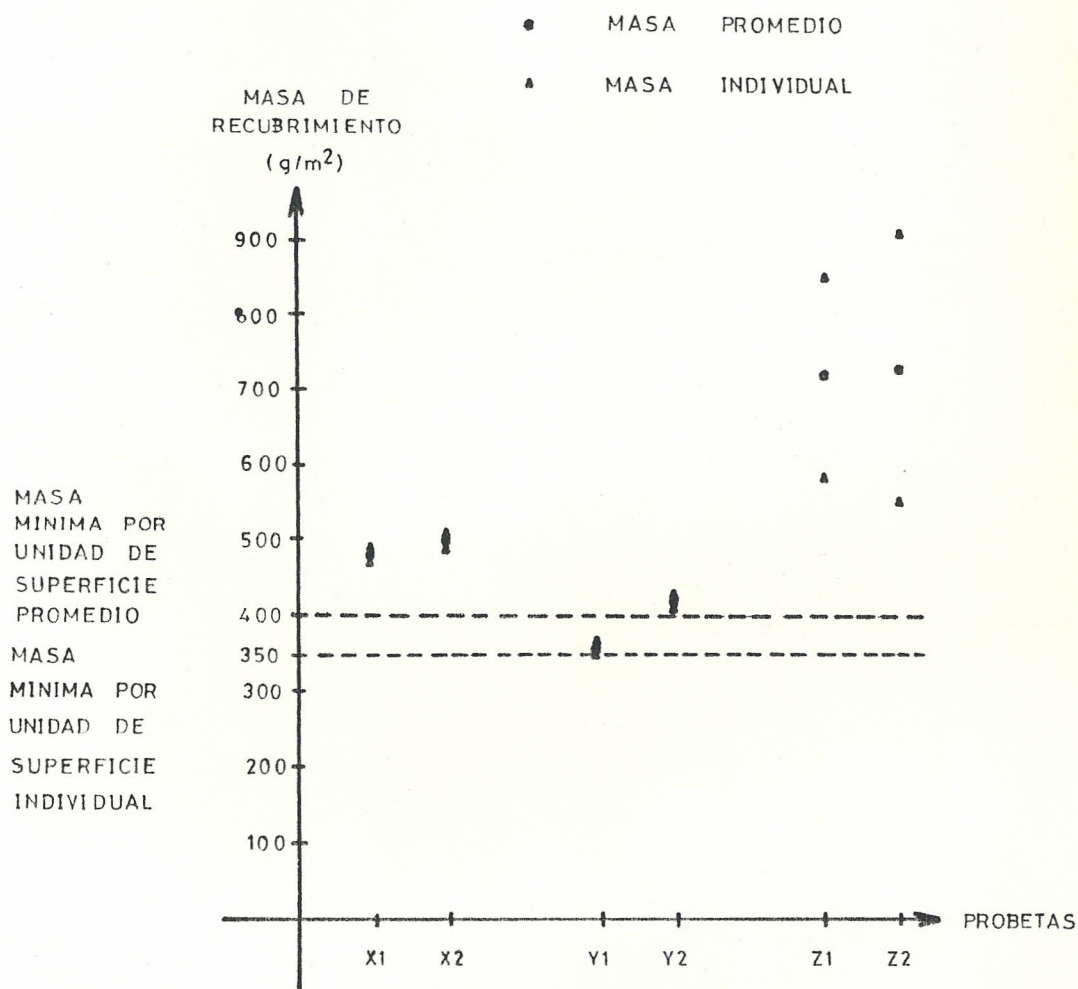


FIGURA 49 - MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE
 DE LOS TUBOS - PROBETA ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 25.

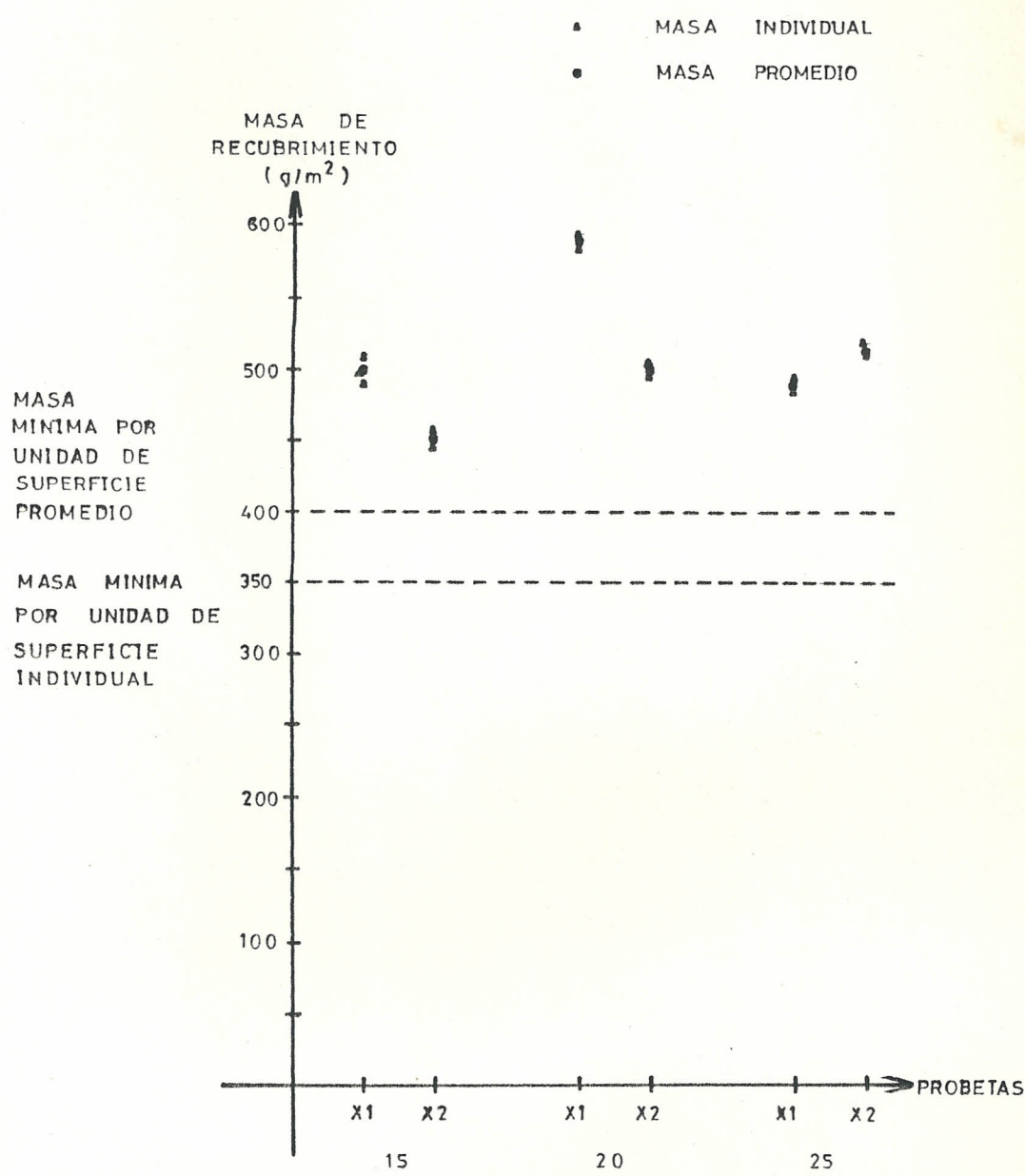


FIGURA 50 - MASA DE RECUBRIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE
 DE LOS TUBOS-PROBETA ISO LIGHT-1. TAMAÑOS NOMINALES:
 15, 20, 25.

En los tubos - probeta L-2 Y-1 20, L-2 Y-2 20,
y L-2 Y-1 25, la masa promedio está debajo del
límite.

3.5.2 ESPESOR DE RECUBRIMIENTO.

La Norma Técnica INEN 1054 " Recubrimientos de
zinc sobre productos tubulares y sus
accesorios. Requisitos y muestreo ", establece
que el espesor mínimo para productos
recubiertos por inmersión en caliente, es el
que corresponde a un espesor mínimo por unidad
de superficie promedio de 64 micras y de 50
micras por por unidad de superficie individual.

Para evaluar los resultados tabulados en el
Capítulo II, se han construido gráficos espesor
de recubrimiento vs. tipo de probeta,
manteniendo constantes el diámetro nominal y el
tipo de tubería. (Ver Figuras 3.51, 3.52,
3.53 y 3.54).

El espesor de recubrimiento de los tubo -
probeta L-2 Y-1 15, L-2 Y-2 15, L-2 Y-1 20, L-2
Y-2 20, L-2 Y-1 25, L-2 Y-2 25 y L-1 X-2 15, se
encuentra por debajo del límite establecido en

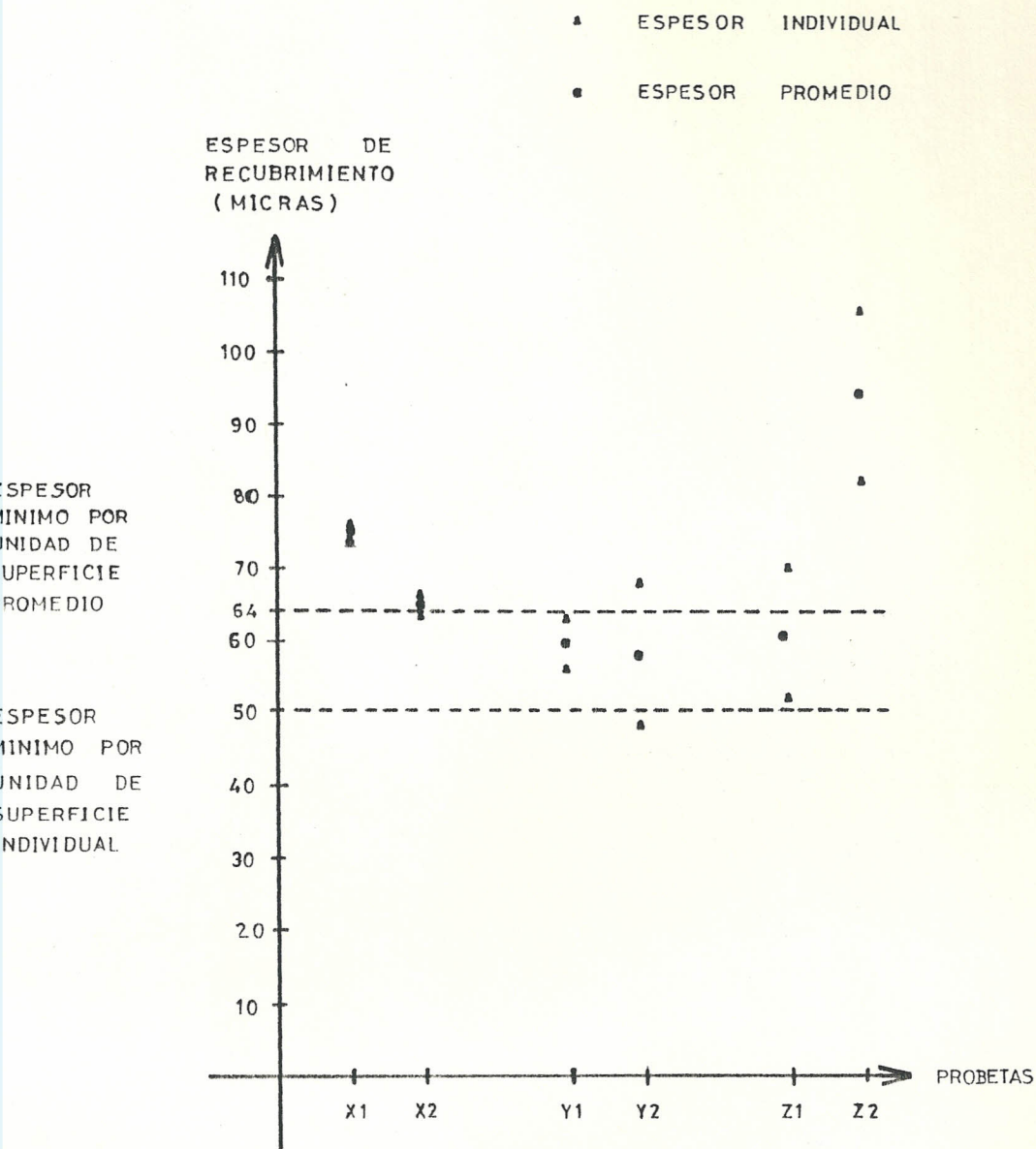
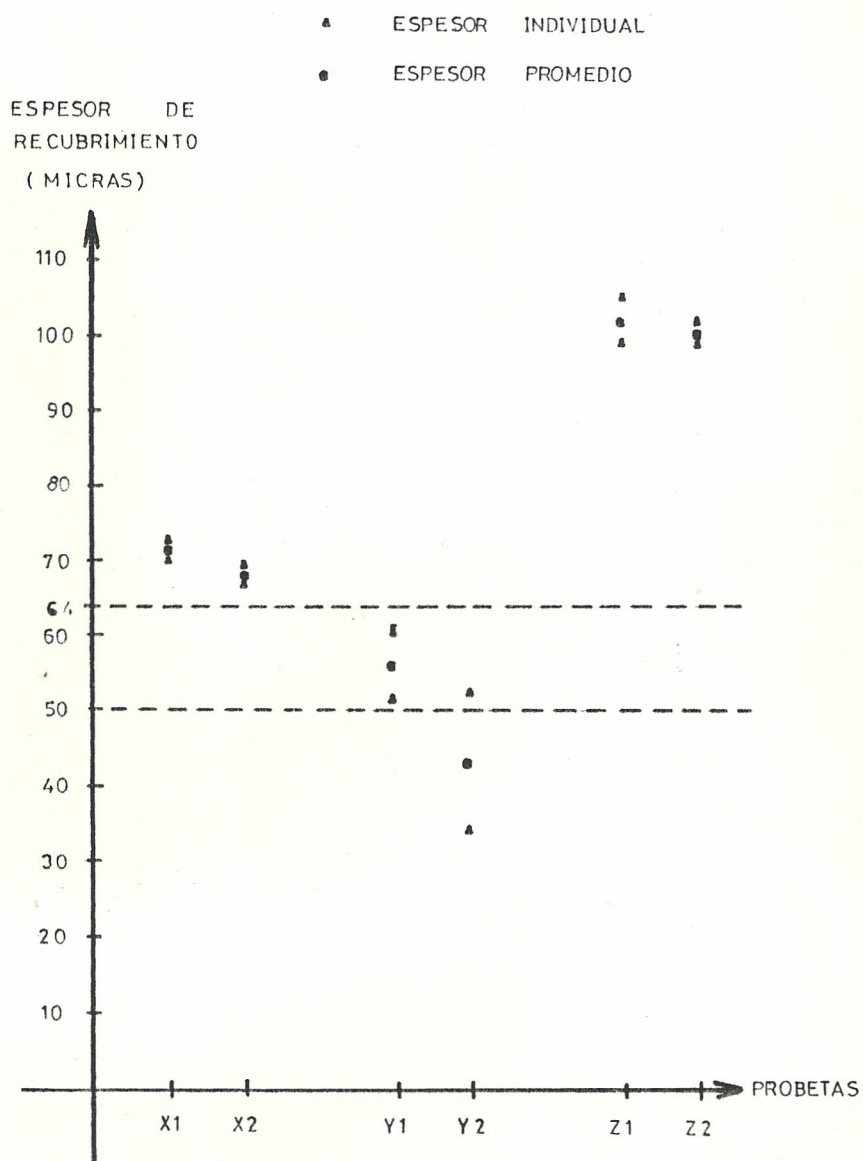


FIGURA 51 - ESPESOR DE RECUBRIMIENTO DE LOS TUBOS-PROBETA
 ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 15.

ESOR
MO FOR
AD DE
ERFICIE
EDIO

ESOR
MO FOR
AD DE
ERFICIE
VIDUAL



RA 52 - ESPEJOR DE RECUBRIMIENTO DE LOS TUBOS-PROBETA

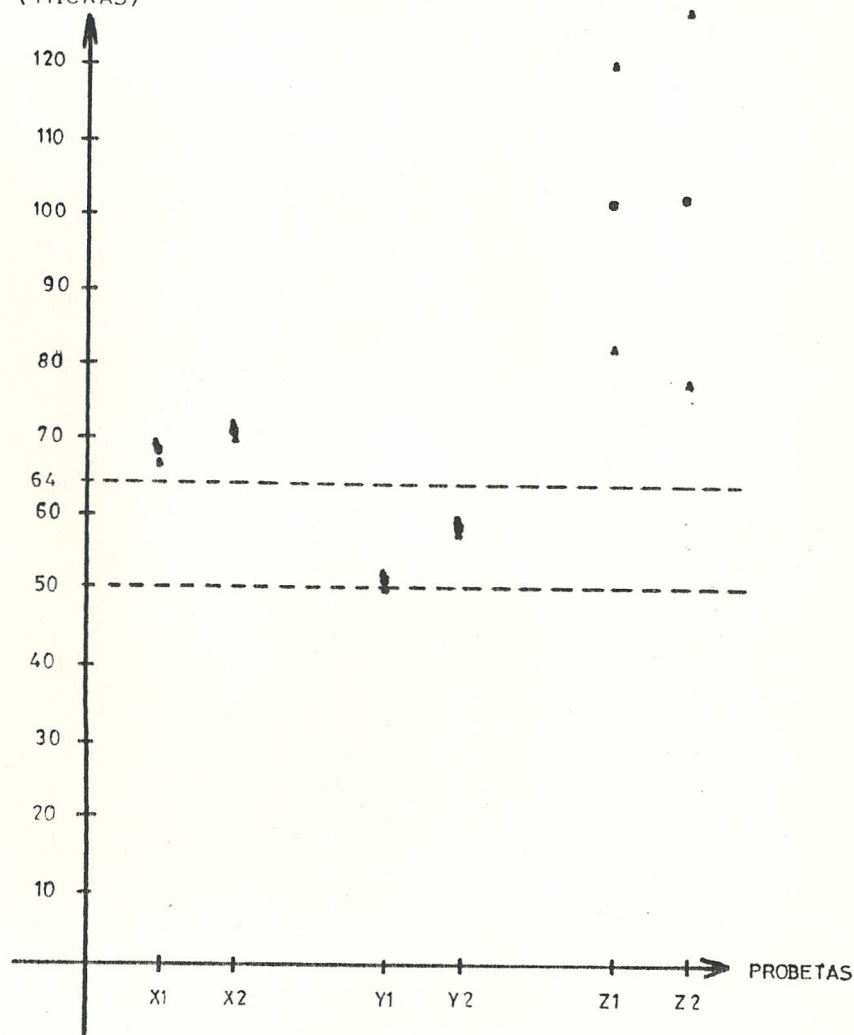
ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 20.

- ▲ ESPESOR INDIVIDUAL
- ESPESOR PROMEDIO

ESPESOR DE
RECUBRIMIENTO
(MICRAS)

OR
O
UNIDAD DE
FICIE
DIO

OR
O DE
RIMIENTO
UNIDAD DE
FICIE
DUAL

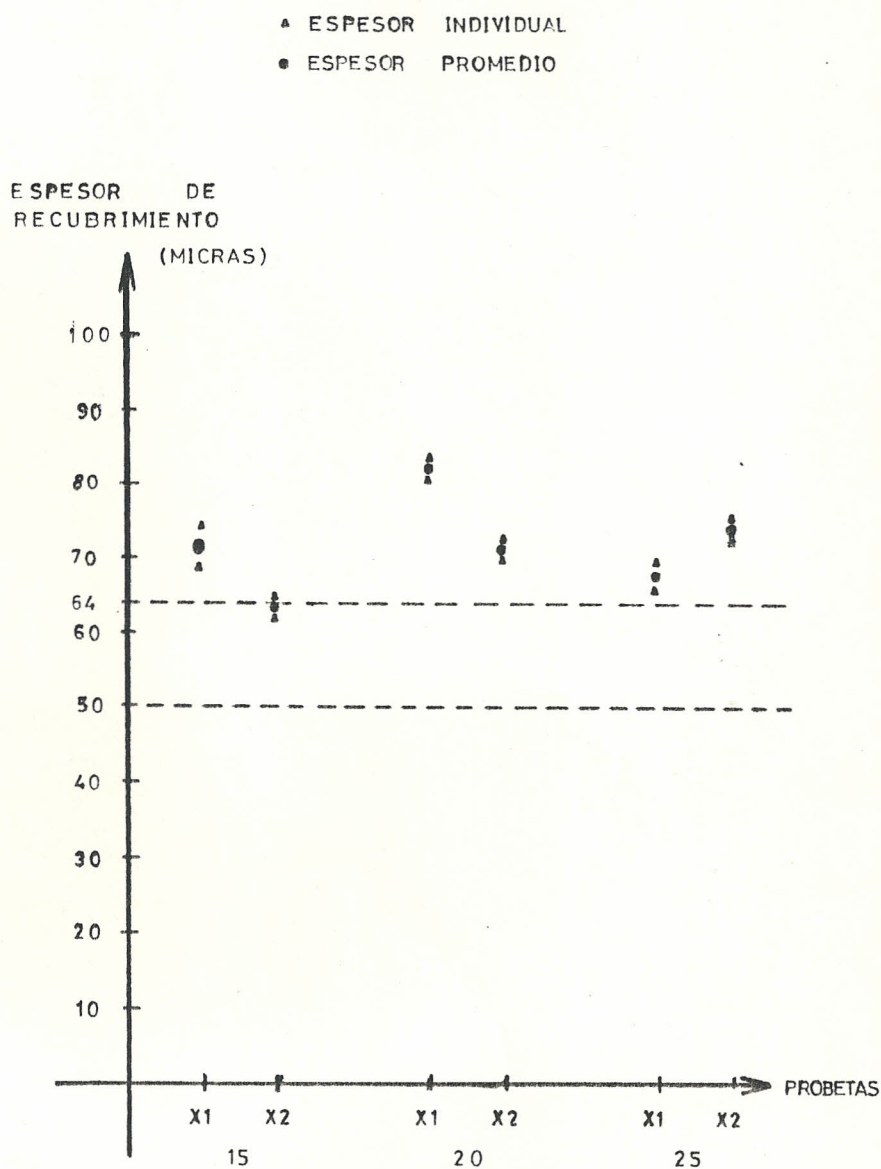


RA 53 - ESPESOR DE RECUBRIMIENTO DE LOS TUBOS-PROBETA

ISO LIGHT-2. TAMAÑO NOMINAL: 25.

ESOR
MO POR
AD DE
RFICIE
EDIO

ESOR
MO POR
AD DE
RFICIE
IVIDUAL



GURA 54 - ESPESOR DE RECUBRIMIENTO DE LOS TUBOS-PROBETA

ISO LIGHT-1. TAMAÑOS NOMINALES: 15, 20, 25.

INEN 1054.

3.5.3 ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO.

De acuerdo a los resultados tabulados en el Capítulo II, se concluye que ninguno de los tubos - probeta presenta problemas con la adherencia del recubrimiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

MATERIAL DEL TUBO.

El material utilizado se encuentra dentro de los límites establecidos en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

CORDON DE SOLDADURA.

Dos tubos - probeta fallan al ser sometidos al ensayo de aplastamiento. Se pueden evitar las fallas en el cordón de soldadura disminuyendo la velocidad de la línea de producción o incrementando el calor generado por la corriente de alta frecuencia.

PRUEBA HIDROSTATICA:

Todos los tubos - probeta pasan satisfactoriamente la prueba.

ESPESOR DE PARED.

El espesor de pared de uno de los tubos - probeta es menor que el espesor mínimo exigido en el Proyecto de

Norma Técnica INEN MC 06.01-410.

El espesor de pared del tubo es el mismo de la bobina de la cual se corto el fleje. Para evitar fabricar tubos cuyo espesor de pared sea inferior al establecido en las normas, deben controlarse los espesores de las bobinas, para asegurarse que cumplen con las normas de fabricación.

DIAMETRO EXTERIOR.

El diámetro exterior de dos tubos - probeta es mayor que el diámetro máximo establecido en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, en tanto que el diámetro exterior de tres tubos - probeta es menor que el diámetro mínimo.

El diámetro exterior del tubo se consigue en los rodillos de dimensionamiento. Para los casos en que el diámetro exterior está fuera de los límites - máximo y mínimo - del Proyecto de Norma Técnica, es necesario librar los rodillos de dimensionamiento.

SA POR UNIDAD DE LONGITUD.

masa por unidad de longitud de seis de los tubos -

228

probeta es mayor que la variación máxima fijada en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 y la masa por unidad de longitud de uno de los tubos - probeta es menor que la masa mínima.

La masa por unidad de longitud es función del espesor de pared y del diámetro exterior. De estos, el espesor es de capital importancia, ya que el diámetro exterior está fijado en los rodillos de dimensionamiento.

Para el caso en que la masa por unidad de longitud es mayor que la masa máxima admitida en el Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410 es posible utilizar flejes de menor espesor, siempre dentro de los límites fijados para este parámetro.

Para el caso inverso, es decir, cuando la masa es menor que la masa mínima especificada, es imperativo controlar el espesor, debido a que una variación de décimas de milímetro conduce a un aumento significativo de la masa del tubo debido a su longitud.

- ROSCAS.

La rosca de nueve tubos - probeta no cumple con los requisitos de aceptación fijados en INEN 117.

gran cantidad de material.

Las roscas se maquinan por medio de un cabezal roscador en el cual van montados los peines de roscado.

En el caso inverso.

El tamaño de las roscas está determinado por la calibración de los peines de roscado.

Para los casos en que el tamaño de la rosca es mayor que el tamaño máximo determinado en INEN 117, se hace necesario cerrar los peines de roscado de modo que se ajusten a las tolerancias especificadas.

El tamaño de la rosca impone limitaciones en el diámetro exterior y en el espesor de pared, ya que si el espesor del tubo es igual o menor que el espesor mínimo, los peines de roscado debilitan la pared del tubo y los dientes de la rosca son débiles también.

GALVANIZADO.

Si el diámetro es mayor que el diámetro máximo es necesario abrir los peines de roscado y entonces el tamaño de la rosca es mayor al especificado. Los calibradores de anillo se construyen tomando como base el diámetro nominal.

recubriendo individualmente.

Si el diámetro exterior es mayor que el diámetro máximo, entonces, los peines de roscado arrancan una

gran cantidad de material y por lo tanto se debilita la pared del tubo.

En el caso inverso, es decir, si el diámetro exterior es menor que el mínimo, entonces se producen dientes incompletos.

LONGITUD DEL TUBO.

La longitud de cinco tubos - probeta es mayor que la variación máxima admitida para la longitud.

La longitud de corte se determina por el tope que acciona el sistema de corte. Para evitar tener tubos cuya longitud sea mayor que la admitida es necesario calibrar el tope.

GALVANIZADO.

En tres de los tubos - probeta la masa de recubrimiento promedio es menor que la masa mínima de recubrimiento promedio y en otro tubo - probeta una de las medidas individuales es menor que la masa mínima de recubrimiento individual. Ninguno de los tubos - probeta presenta problemas con la adherencia del recubrimiento.

La masa del recubrimiento es función del tiempo de inmersión, de la velocidad de inmersión y de la velocidad de extracción.

Para el caso en que la masa del recubrimiento es menor que la masa mínima, es necesario incrementar el tiempo de inmersión y controlar las velocidades de inmersión y extracción.

En varios de los tubos - probeta la masa de recubrimiento es muy superior a la masa mínima establecida en el Proyecto de Norma Técnica. En este caso se recomienda disminuir el tiempo de inmersión en la medida necesaria para acercarse al standard establecido.

Dependiendo del proceso empleado para remover el exceso de zinc (soplado o escurrimiento), se deben controlar la presión de soplado o el ángulo de salida del tubo.

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

1. METALS HANDBOOK, Forming, Volumen 4, Eight Edition.
2. WELDING HANDBOOK, Welding Processes - Resistance and Solid - State Welding And Other Joining Processes, Volumen 3, Seventh Edition.
3. METALS HANDBOOK, Surface Cleaning, Finishing and Coating, Volumen 9, Ninth Edition.
4. KUTZELNIGG, A. Ensayo de Recubrimientos Metalicos, Editorial River S.A., Madrid, 1967.
5. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Proyecto de Norma Técnica INEN MC 06.01-410, " Tubos de Acero Negros y Galvanizados con Costura para Uso General ", Quito, 1986.
6. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Norma Técnica INEN 117, " Roscas ASA para Tuberias y Accesorios. Especificaciones.", Quito, 1984.

7. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Norma Técnica INEN 950, " Recubrimientos Metalicos. Determinación de la Adherencia. Métodos de Ensayo.", Quito, 1984.
8. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION, International Standard ISO 65, " Carbon Steel Tubes Suitable for Screwing in Accordance with ISO 7/1 ", Ginebra, 1981.
9. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION, International Standard ISO 7/1, " Pipe Threads where Pressure - Tight Joints are Made on the Threads - Part 1: Designation, Dimensions and Tolerances ", Ginebra, 1981.
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION, International Standard ISO 404, " Steel nad Steel Products - General Technical Delivery Requirements ", Ginebra, 1964.
11. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION, International Standard ISO 4200, " Plain and Steel Tubes, Welded and Seamless - General Tables of Dimensions and Masses Per Unit Length ", Ginebra, 1981.