



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**Planeación de un Laboratorio para Control de Calidad  
en la Producción de Electrodo para  
Soldadura Eléctrica**

174

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO METALURGISTA  
P R E S E N T A

**Alfonso Ramón García Cueto**

MEXICO, D. F.

1976



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

TESIS  
1976  
FSCHA MF  
PROC 177



QUIMICA

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE:	PROFR. MANUEL GAVINO RIVERA
VOCAL:	PROFR. ALBERTO OBREGON PEREZ
SECRETARIO:	PROFR. CARLOS ROMO MEDRANO
1° SUPLENTE:	PROFRA. MARIA EUGENIA NOGUEZ ANAYA
2° SUPLENTE:	PROFRA. ROSA MARIA UNDA DE CALERO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: AGA DE MEXICO, S.A.

EL ASESOR DEL TEMA:

Q. CARLOS ROMO MEDRANO

EL SUSTENTANTE:

ALFONSO RAMON GARCIA CUETO



A mis padres,

ALFONSO y LIL

como la realización de  
un anhelo.

A mi abuela,

JUVENTINA PICHARDO

A mis hermanos

ADAN, LOURDES, CARLOS  
y MIGUEL.

A CARMINA,

por tu cariño y  
comprensión.

Deseo hacer patente mi agradecimiento al Lic. Luis Cano Vázquez, Gerente Ejecutivo de Química Lucava, S.A. por las facilidades prestadas durante mi formación profesional, así mismo agradezco sinceramente a mis jefes, el Ing. José Uriel Aréchiga, el Dr. Enrico Martínez, y al Q.F.B. Santa García su amistad y compañerismo, a todos mis profesores que con ideas, sugerencias y observaciones me prestaron su valiosa ayuda.

## I N D I C E

	Pág.
<u>CAPITULO I</u> GENERALIDADES DE LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICICO	1
<u>CAPITULO II</u> PRODUCCION DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA ELECTRICA	14
<u>CAPITULO III</u> PLANEACION DEL CONTROL DE CA- LIDAD PARA LA PRODUCCION DE - ELECTRODOS PARA SOLDADURA -- ELECTRICA	22
Planes de muestreo para la su- pervisión de la producción - continua	26
Planes Dodge para la produc - ción continua	29
Pruebas físicas	35
Análisis químicos	59
Determinación espectrofotomé- trica del cromo	67
Determinación espectrofotomé- trica del manganeso	69
Determinación espectrofotomé- trica del molibdeno	71

	Determinación espectrofotométrica de cromo	73
	Determinación espectrofotométrica de manganeso	76
	Determinación espectrofotométrica del molibdeno	78
	Determinación espectrofotométrica del níquel	80
<u>CAPITULO IV</u>	ORGANIZACION DE LA GERENCIA - DE CONTROL DE CALIDAD	84
<u>CAPITULO V</u>	REGLAMENTO PARA LA APROBACION DE LOS ELECTRODOS DEL TIPO <u>VA</u> RILLA FUNDENTE PARA SOLDADURA MANUAL POR ARCO ELECTRICO	97
<u>CONCLUSIONES</u>		120
<u>BIBLIOGRAFIA</u>		125

# C A P I T U L O I

## GENERALIDADES DE LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

## GENERALIDADES DE LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

Soldar es producir una unión entre dos o más piezas metálicas por la aplicación de calor, presión o ambos, empleando o no materiales de relleno. En esta unión se forma una zona bien diferenciada por la fusión y recristalización metálica de la interfase.

Las ventajas técnicas y económicas de este proceso han hecho que desplace a los otros tipos de unión o protección empleados en Ingeniería.

Este estudio se limitará al control de calidad de la producción de electrodos para soldadura eléctrica de aceros empleada en soldadura manual, que es algo diferente a la empleada para sistemas automáticos y semiautomáticos.

Durante el proceso de soldar, el metal puede encontrarse en estado plástico o fundido. Cuando se emplea la soldadura al estado plástico, los bordes de las piezas que se van a unir se calientan hasta que alcancen un punto plástico y se empalman en

una pieza única al aplicar una fuerza externa. Con el empleo de la soldadura plástica se conserva la composición química de la unión y tiene lugar un cambio ligero en las estructuras del metal.

La soldadura por fusión se efectúa calentando los bordes de las piezas a unir y se funden lo mismo que el metal empleado como metal de aporte, luego el metal fundido solidifica formándose así la unión.

Dentro de la soldadura por fusión se halla el método de soldar con arco eléctrico, que puede ser de corriente alterna o directa. Este método de soldar es un medio para unir, revestir, reparar o proteger piezas metálicas, pero cabe hacer la aclaración que haciendo uso de la energía eléctrica la unión se puede hacer también por otros medios.

Después de efectuado el depósito, éste es sujeto de pruebas para determinar sus características, que pueden ser totalmente diferentes a las que poseía el material antes de soldar.

Estos cambios se deben a los distintos tipos de compuestos utilizados en los fundentes, o bien, al metal empleado como metal de aporte, lo que nos hace prever que los cambios en la composición y en las propiedades físicas necesitan de una inspección sistemática para que el producto final tenga una calidad



constante.

La soldabilidad de los diferentes metales y aleaciones es variable y depende de sus propiedades físicas, composición química y procedimiento elegido para soldar.

Para asegurar la unión de los metales, estos deben poseer una gran conductividad térmica, un bajo índice de contracción y un coeficiente de dilatación lineal insignificante. Una baja conductividad térmica contribuye a la concentración de calor en una zona limitada e impide que la temperatura sea uniforme en cierta porción de la pieza. Las tensiones interiores que surgen en este caso, son tanto más considerables cuanto mayores sean el coeficiente de dilatación lineal y el de contracción.

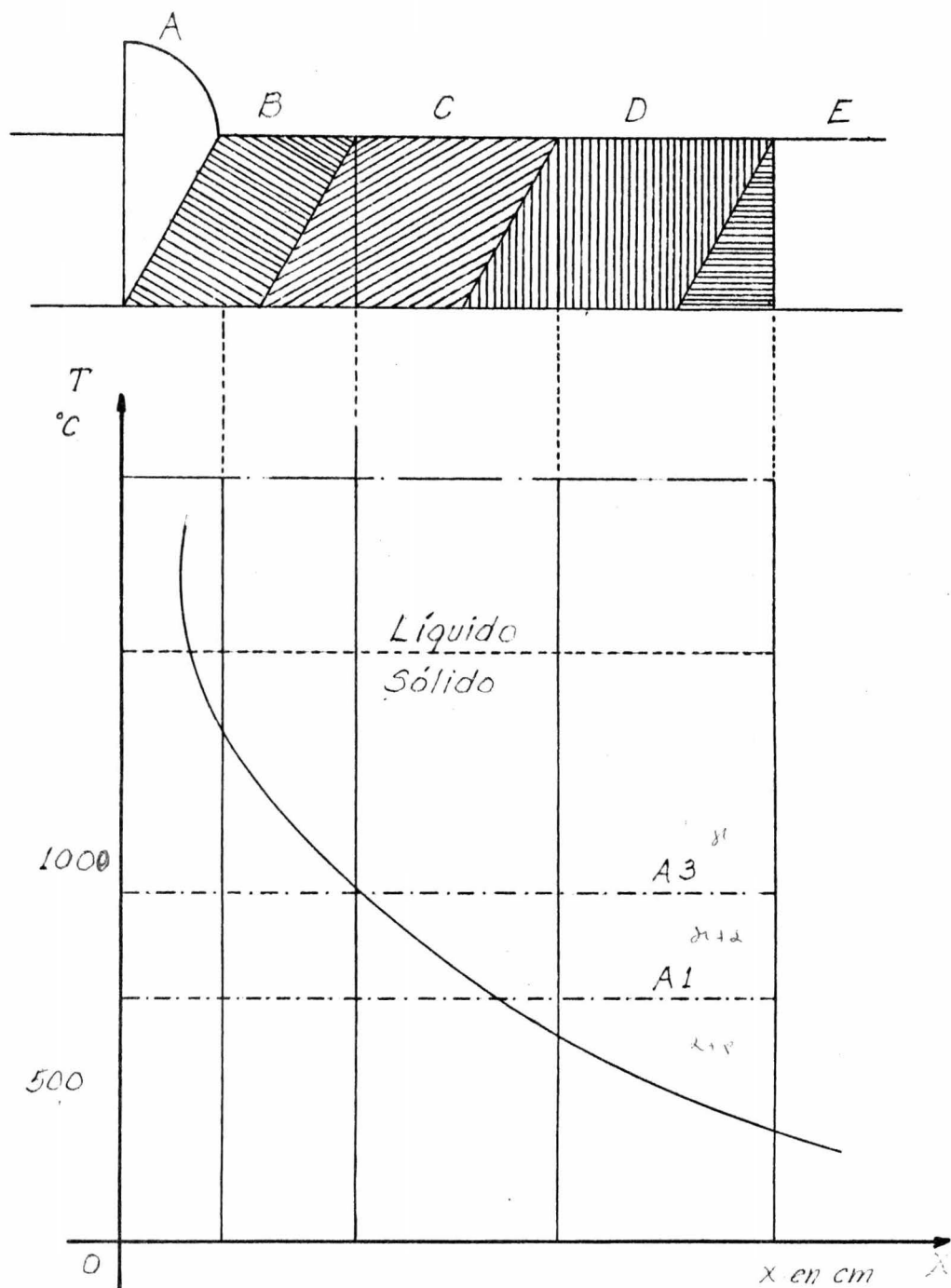


Fig. 1. Estructuras presentes de una unión soldada por arco eléctrico y las temperaturas aproximadas de formación.

En la figura 1 se muestra la sección esquemática de la -- unión soldada y de la zona de influencia térmica que la rodea. La unión forma la zona "A" cuya estructura es de un grano grueso, característica del metal recalentado (zona B) formada bajo la influencia de la alta temperatura. La presencia de la zona de metal recalentado reduce en forma considerable las propiedades mecánicas de resiliencia y plasticidad en los aceros. En la zona C se encuentra presente la estructura de sorbita que se forma durante el enfriamiento del acero al aire. Gradualmente se va formando una nueva zona (zona D) que es consecuencia de un destemple incompleto durante el enfriamiento lento. En la zona E la temperatura no llega a la recristalización física del acero, por esta razón la estructura del metal base queda fuera de la influencia del calentamiento de soldadura. De esta manera, la soldadura forma una estructura heterogénea en las áreas contiguas a la unión, disminuyendo notablemente las propiedades. Las transformaciones estructurales que se notan en las zonas A, B, y C, contribuyen al surgimiento de tensiones interiores que provocan encorvamientos e incluso grietas en la unión.

Es evidente que mientras más reducida sea la zona contigua a la unión, mejor será su calidad, el acero con un porcentaje menor al 0.2% de carbono, posee una soldabilidad muy buena, al aumentar este porcentaje empeora la conductividad térmica de los aceros y crecen las probabilidades de tensiones interiores. Cuando se tiene más del 0.6%, resulta muy difícil soldar, ade --

más, las impurezas como el fósforo y el azufre ejercen una influencia negativa en la soldabilidad del acero.

El fósforo hace frágil la unión, mientras que el azufre - provoca roturas al rojo y grietas. Los aceros de aleación pobre con reducida proporción de carbón sueldan, al aumentar el contenido de elementos de aleación disminuyen su conductividad-térmica provocando en algunos casos la tendencia al autotemple que es una influencia nociva que aumenta bruscamente las tensiones estructurales de la unión y contribuye a la formación de - grietas al enfriarse el metal.

Durante la soldadura por arco eléctrico la zona de influencia térmica alcanza una distancia de 12 mm. aproximadamente por ambos lados de la unión, y hasta 30 mm. al soldar con gas.

Las ventajas técnicas de la soldadura eléctrica le han asegurado un amplio empleo en la industria. Como medida para eliminar las tensiones internas se utiliza el tratamiento térmico que incluye la normalización para aceros al carbono y el temple con alto grado de revenido para aceros especiales. Después de efectuar correctamente el tratamiento térmico, la unión soldada y las zonas de influencia adquieren una estructura de grano fino y se disminuyen al mínimo las tensiones internas. Otro método es el de abatir las temperaturas de fusión del acero mediante una cuidadosa selección de los fundentes empleados.

La unión de los metales no ferrosos y sus aleaciones no presentan grandes problemas, sin embargo, se ha de tener en cuenta que éstos se oxidan fácilmente, tienen un coeficiente de dilatación notable y una conductividad térmica alta.

Entre los procedimientos modernos de soldar, el realizado por medio de arco eléctrico es el de más amplia aplicación y se basa en la utilización del arco como fuente generadora de calor. En este método de soldar los bordes a unir se calientan y se funden por el calor del arco producido entre el electrodo y la pieza a soldar. La elevada temperatura del arco (cercana a 6 000°C) asegura un rápido calentamiento en un área reducida, a consecuencia de lo cual, el electrodo se funde y al enfriarse forma una unión sin necesidad de aplicar ningún esfuerzo externo. La unión por arco puede realizarse manualmente, en forma automática o semiautomática.

La unión por arco se realiza con corriente continua o alterna tiene una aplicación más amplia debido a que el equipo necesario para realizar dicho proceso es más barato que el que se usa en los procedimientos de corriente continua además tiene menor peso y tamaño, su servicio es más sencillo, lo mismo que su empleo y mantenimiento.

Tiene la soldadura alterna otra ventaja en el gasto de --

energía eléctrica, que es de un 40 a un 50% menor que la de la soldadura de arco con corriente continua.

Como fuentes de alimentación para soldar por arco se em -  
plean generadores de corriente continua y rectificadores para -  
corriente alterna. Con estos equipos, se puede soldar con uno -  
o varios arcos al mismo tiempo, dependiendo de su capacidad.

Los generadores de tipo comercial que fabrican funcionan -  
por lo general según el principio de autoinducción. Constan --  
de un generador de corriente continua y de un motor trifásico -  
unidos por un acoplamiento flexible que se montan sobre un bas-  
tidor móvil.

Los aparatos de soldar por corriente alterna se conectan a  
la red industrial de tensión nominal de 220, 380 o 500 voltios.  
Haciendo variar el número de espiras en los embobinados se au -  
menta la intensidad de la corriente de soldadura.

A los accesorios para soldar por arco manual pertenecen -  
los portaelectrodos para fijar los electrodos y suministrar la -  
corriente del arco. El suministro de corriente se efectúa por -  
medio de cable flexible aislado con una sección de 25 a 90 mm<sup>2</sup>,  
dependiendo del máximo de la intensidad de la corriente admisi-  
ble. La longitud del cable no debe exceder los 30 m. Para pro -  
teger los ojos y la cara del soldador de las salpicaduras - - -

y el efecto de la energía radiante, se emplean caretas con vi -  
drio de cobalto, el soldador debe contar además con guantes y -  
delantal de cuero para evitar quemaduras a causa de las salpica  
duras de escoria.

Los electrodos de metal para soldar manualmente se prepa -  
ran en forma de varillas de 1 a 12 mm. de diámetro y hasta --  
500 mm. de longitud; para soldar automáticamente en forma de ro  
llos de alambre.

Los electrodos manuales pueden estar desnudos o revestidos  
para soldar acero al carbono se emplea alambre de aceros blan -  
dos con contenidos de carbón entre 0.1% y 0.08% se admite un -  
contenido de fósforo y azufre de 0.025 a 0.04%.\*

Los electrodos desnudos se usan en raras ocasiones porque  
no aseguran una buena calidad en la unión, por esta razón la -  
soldadura de arco se realiza con electrodos revestidos. El re-  
vestimiento puede ser fino de 0.25 mm, o grueso de 0.6 mm, o ma  
yor dependiendo del tipo de revestimiento.

\*Nota. Para soldar aceros aleados no inoxidable se emplea el  
mismo acero de bajo carbono siendo agregados los elemen  
tos de aleación al fundente.

Los revestimientos pueden ser obtenidos por inmersión, extrusión o arrollamiento. Según la aplicación, el revestimiento puede ser ionizante o de calidad.

El revestimiento iónico sólo asegura la estabilidad del arco sin proteger al metal de la acción del medio ambiente cuando está fundido. Una mezcla común de este tipo suele estar compuesta con carbonato de bario, carboximetilcelulosa y metasilicato de sodio o de potasio.

El revestimiento de calidad, además de estabilizar el arco, protege el metal fundido de la oxidación y también alear el metal de la unión con los elementos necesarios. Un ejemplo de material de revestimiento de calidad es: material ionizante como metasilicato de sodio o de potasio, carbonato de bario, un escorificante como el metasilicato de sodio, desoxidantes como aluminio o ferromanganeso, gasificantes como carboximetil celulosa y los aleantes que se deseen.

El revestimiento al fundirse simultáneamente con los electrodos se transforma en una escoria que cubre de manera uniforme al depósito de metal fundido. Además de proteger al depósito de la influencia del hidrógeno, nitrógeno y oxígeno del aire la escoria modera el enfriamiento del metal y del baño contribuyendo a un desprendimiento de gases más completo y hace más compacto el metal en la unión. Actualmente se emplea con frecuen-



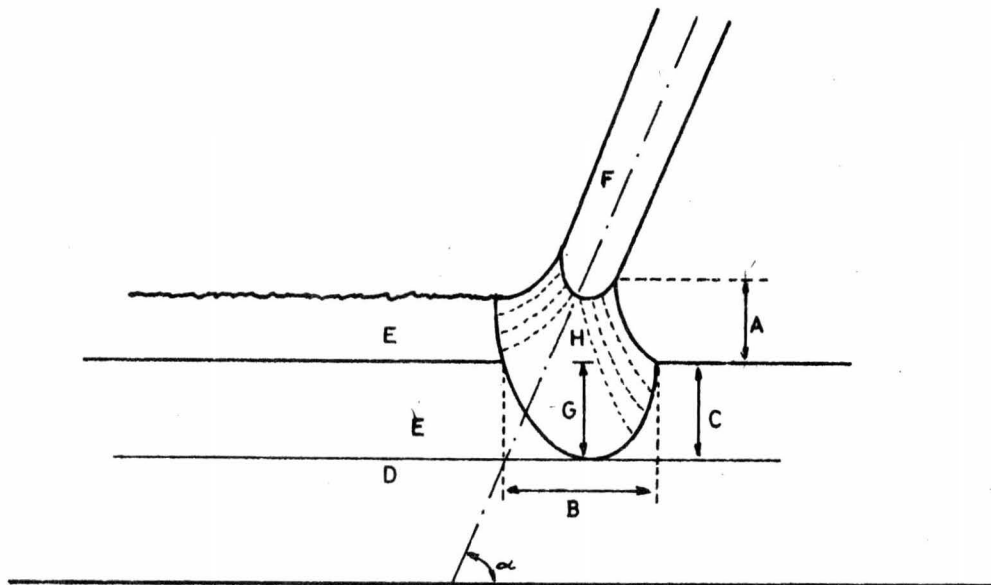
cía el revestimiento de calidad denominado rutilico y que tiene la propiedad de desprender la escoria por sí sola de la unión.

Después de marcar el lugar a soldar, el soldador protegiéndose con la pantalla, toca con la punta del electrodo la pieza y luego lo separa ligeramente produciéndose el arco.

Este funde los bordes y el electrodo metálico, que sirve de material de aporte. En el baño de fusión común que se ha formado el metal fundido se mezcla y al solidificar forma la unión soldada.

Durante la soldadura el operador realiza tres movimientos en distintas direcciones:

- A) Hacia abajo, siguiendo el eje del electrodo; este movimiento es indispensable para sostener constante la longitud del arco que es de 2 a 4 mm, este movimiento se efectúa según la velocidad de fusión del electrodo.
- B) A lo largo de toda la unión para llenar el espacio entre los bordes a soldar.
- C) Transversalmente a la unión, para obtener un cordón normal, con la ayuda de éste movimiento se pueden efectuar una gran cantidad de trabajos de soldadura.



- A.-Amplitud del arco electrico.
- B.- Zona de metal fundido.(crater)
- C.- Penetracion del electrodo
- D.-Metal base
- E.-Metal de aporte.
- F.- Electrodo
- G.-Profundidad del crater
- H.-Arco electrico
- $\alpha$  Angulo de trabajo.

Figura 2.- Esquema de un arco de soldadura  
con electrodo manual.

Para soldar materiales finos se utiliza la llamada unión - de cordón. En este caso el electrodo se desplaza solamente a - lo largo de la unión y hacia abajo, según su eje. Durante la - soldadura con electrodo metálico, el metal fundido se traspone - en forma de gotas esféricas de 0.01 a 2.5 mm. de diámetro con - una velocidad de 2 a 4 mm. por segundo.

A causa de la sopladura de metal fundido por el arco, en - la superficie de la pieza se forma una hendidura que se llama - cráter. La profundidad del cráter caracteriza el grado de pene - tración de la fusión del metal base (profundidad de penetración de la soldadura), y la profundidad de penetración del metal de - aporte. La distancia entre el extremo del electrodo y el fondo del cráter se denomina longitud del arco.

La calidad de la soldadura depende principalmente de un ré - gimen de soldadura correctamente escogido. La intensidad de la corriente se elige generalmente según el diámetro del electrodo el tipo de revestimiento y el espesor del material, y se intro - ducen correcciones según sean las formas de la unión y su posi - ción espacial.

## C A P I T U L O   I I

PRODUCCION DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA ELECTRICA

## PRODUCCION DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA ELECTRICA

El diagrama de flujo de las principales operaciones en la producción de electrodos para soldar es el siguiente:

1. Recepción de las materias primas.
2. Mezclado de los componentes de la pasta fundente.
3. Prensado de la pasta de fundente en forma de pastel.
4. Enderezado y trefilado del metal de aporte.
5. Corte y despunte del metal de aporte a la longitud adecuada para el proceso.
6. Extrusión del electrodo, (Depósito del fundente en la superficie de la varilla)
7. Secado en horno continuo o intermitente.

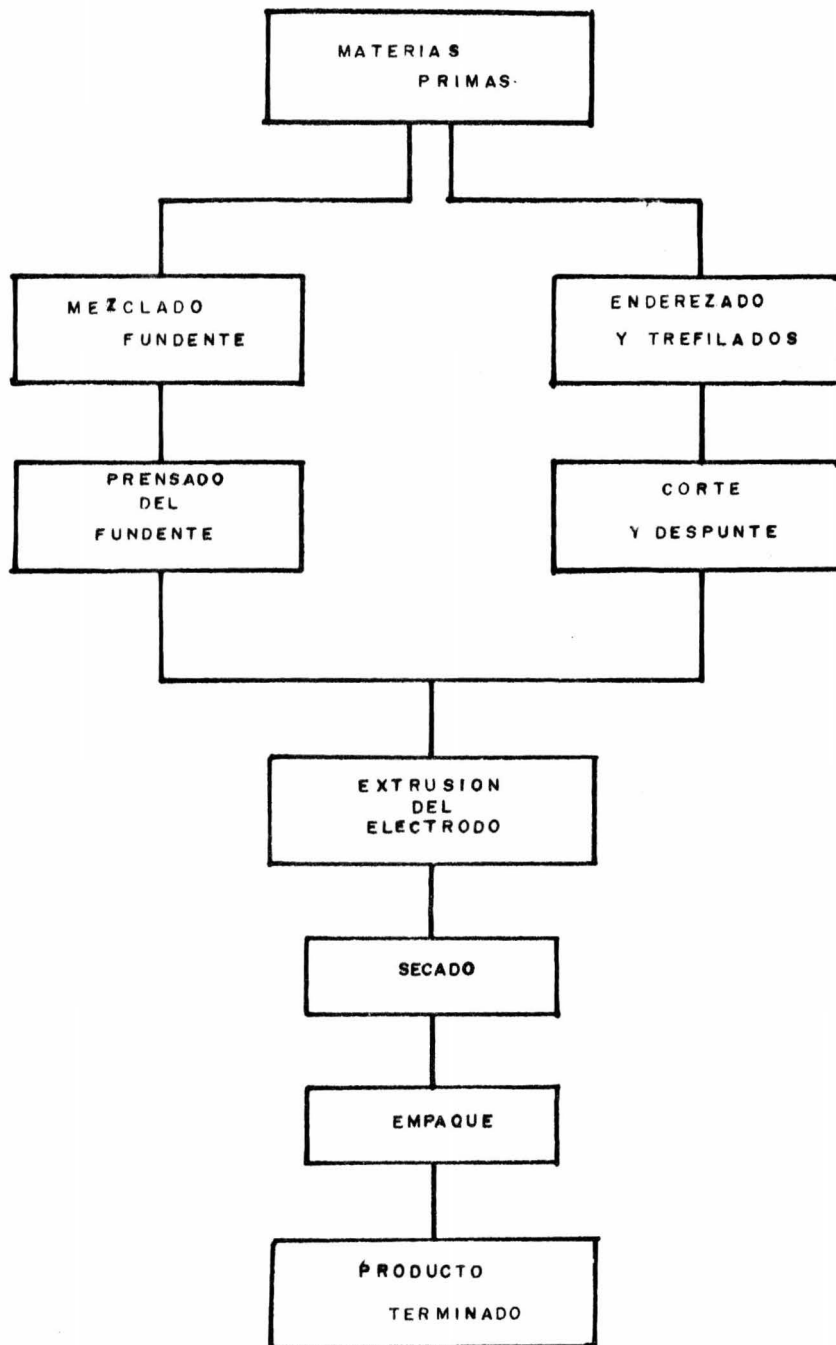


FIG- 3.- Diagrama de flujo de la producción de electrodos de soldadura eléctrica,

8. Línea de empaque del producto terminado.

9. Almacén del producto terminado.

El diagrama se muestra en la figura 3.

1. Recepción de materias primas.

La recepción de las materias primas se realiza en forma -- de lotes que son enviados por el proveedor. Para la recepción- condicional de los lotes se deberá tener la siguiente informa- ción:

A) Lote de producción del material.

B) Cantidad en Kg. y presentación.

C) Número de elementos que componen el lote.

D) Certificado de análisis que contenga:

1. Nombre comercial y clave.

2. Análisis físico.

3. Análisis químico

Los materiales que se reciban condicionalmente deben loca-

lizarse dentro del almacén en la forma en que el jefe del mismo lo considere correcto, pero siempre aparte del material aceptado para alimentar a la línea de producción hasta ser aceptado o rechazado por escrito por el laboratorio de control de calidad.

## 2. Preparación de la Mezcla de fundentes.

Para la preparación del fundente el departamento de producción solicita los componentes necesarios para efectuar las formulaciones mediante una solicitud escrita que contiene:

- A) Tipo de fundente a preparar.
- B) Cantidad a elaborar en Kg.
- C) Cantidad de cada componente en Kg.

Una vez aceptado por el almacén de materias primas el pedido, se envían estas a los silos de la mezcladora o a los tanques de mezclado,

Para el mezclado se calibran las tolvas a la velocidad ideal de adición de cada componente y se inicia la descarga de los polvos en la mezcladora que contiene los líquidos. En esta parte del proceso se calcula el tiempo de mezclado que se neces



sita para el tipo de fundente y la cantidad a elaborar del mismo, por medio de tablas previamente elaboradas.

Una vez homogenizada la mezcla se descarga a las prensas que elaboran el pan o queso con un peso determinado según el grosor del depósito y de la composición del fundente.

Es necesario aquí vigilar que el pan no esté seco o húmedo en exceso, ya que esto trae como consecuencia una mala adherencia al metal durante la extrusión. Terminado el prensado se envía el fundente a la extrusionadora.

### 3. Preparación del metal de aporte.

Para la preparación del metal de aporte, el departamento de producción solicita el alambre o el alambrón que requiera. La solicitud, que se manda por escrito, contiene los siguientes datos:

- A) Tipo de material solicitado
- B) Tipo de electrodo a producir
- C) Cantidad en Kg. que se solicitan

El pedido se envía a los husos de las trefiladoras que se van a emplear.

Antes de la trefilación del alambroón se procede a rectificarlo mediante la aplicación de una tensión sobre el metal que corre entre la trefiladora y el prisionero del huso (perno de arrastre). La línea de trefilado puede estar compuesta por uno o más pasos para la obtención del diámetro final o calibre.

El corte del metal de aporte se realiza por medio de cizallas que están calibradas a un diámetro y longitud previamente establecido.

Una vez terminado el trefilado y corte, el metal se almacena en puentes y se envía al extruído.

La extrusión del electrodo se realiza con prensas especiales que pueden ser del tipo automáticos y semiautomáticos.

En este paso la varilla recibe el fundente sobre su superficie que se fija mediante la presión ejercida por la prensa.

El electrodo extruído pasa a bandas despuntadoras donde se limpia la punta del electrodo y la punta de pinza.

Los electrodos son recopilados nuevamente en charolas que-

sirven para el transporte de los electrodos a los hornos de secado intermitente, o ser enviado por medio de una banda transportadora a los hornos de secado continuo.

El empaque se puede realizar ya sea manual o automáticamente, pero en los dos casos se prepara la misma presentación del electrodo. Debe presentar las siguientes características de identificación:

- A) Nombre del productor
- B) Nombre y clave comercial del electrodo.
- C) Nombre y clave según AWS (American Welding Soc.)
- D) Cantidad en Kg. del producto en el empaque
- E) Certificado de análisis físico y químico del depósito.

## C A P I T U L O   I I I

PLANEACION DEL CONTROL DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION

DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA ELECTRICA

## PLANEACION DEL CONTROL DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION - DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA ELECTRICA

Con base en diagrama de flujo de la producción de los electrodos de soldadura eléctrica, se dividió por zonas la línea de producción, en cada zona se localizaron los los problemas más - frecuentes, las causas que los originaban; sus posibles soluciones y predicciones.

El conocimiento de las dificultades en cada paso del proceso permitió la selección de los puntos de muestreo y el método-a emplear para la obtención de la muestra.

A continuación se dan los puntos de muestreo y la zona en-que se realizan, el esquema se presenta en la figura 4.

Zona 1. Almacén de materia prima; se muestrean las mate-rias a emplear para la producción del electrodo.

- Zona 2. Mezclado del fundente; se analiza la composición de la pasta.
- Zona 3. Enderezado y trefilado; se supervisan los diámetros, la superficie del alambre y su aspecto físico.
- Zona 4. Prensado del fundente; se cuidan las características físicas del pan para la extrusión.
- Zona 5. Corte y despunte; cartificación de la longitud, - limpieza de la varilla y puntas sin rebaba.
- Zona 6. Extrusión del electrodo; calidad del electrodo extruido, excentricidad de la varilla en el fundente, homogeneidad del producto, aspecto físico, - puntas limpias.
- Zona 7. Secado; velocidad de secado y humedad final.
- Zona 8. Empaque; aspecto final del producto.
- Zona 9. Certificado de garantía; empaque correcto y aspecto físico del empaque comercial.

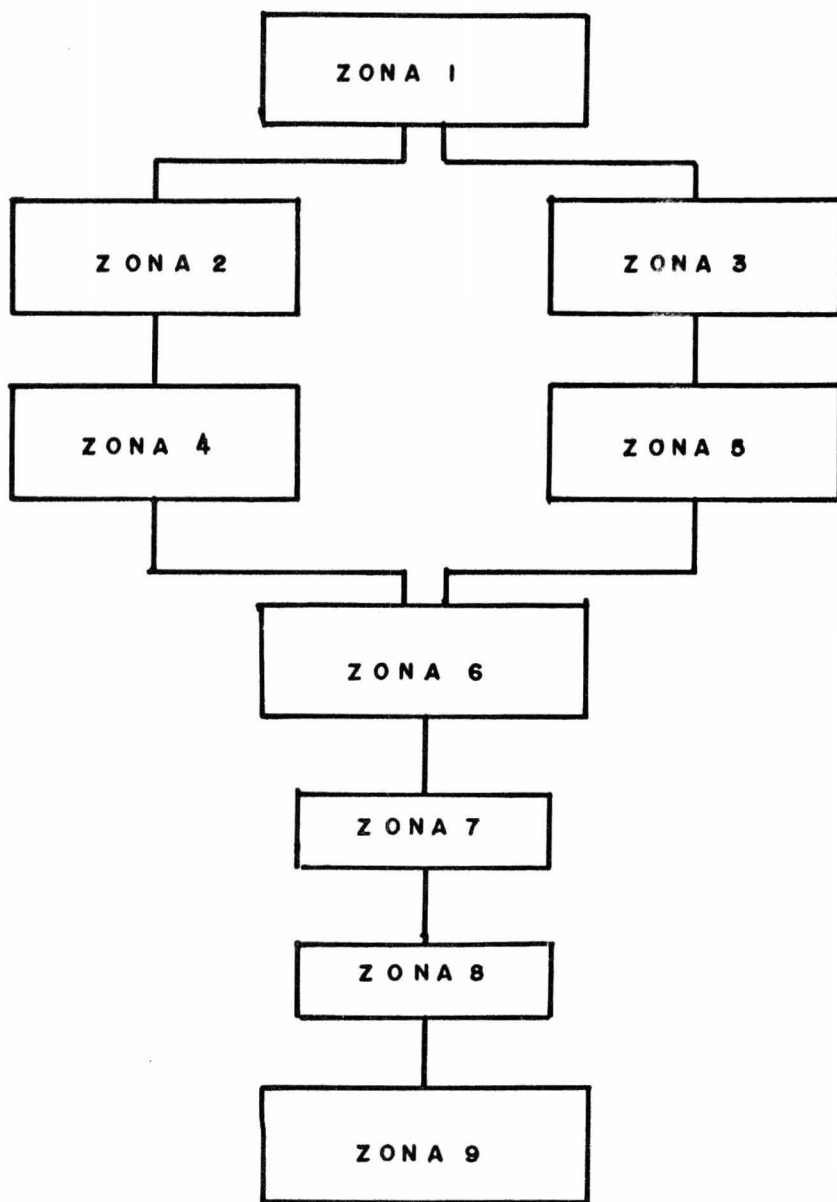


FIG. 4.- Definición por zonas de la línea de producción para la planificación del sistema - para el control de calidad de los electrodos.

## 1. PLANES DE MUESTREO PARA LA SUPERVISION DE LA PRODUCCION CONTINUA.

El primer paso en el control de calidad es el muestreo.

Existen diversas técnicas para inspeccionar un producto que se está produciendo, comprando o vendiendo. Normalmente las piezas que se van a examinar se almacenan en forma de lotes o remisiones y de cada uno de ellos se toma una muestra, formada por determinado número de unidades, para inspeccionar o medir. La muestra puede estar formada por una sola unidad, por la totalidad de ellas, o bien por cualquier cantidad intermedia según lo que se quiera o necesite obtener. Por ejemplo, si se quiere medir solo cierta característica del producto para comprobar por qué valor se halla, y por otro lado, se sabe que dicho valor no tiene mucha variabilidad de una pieza a otra en los lotes, basta con tomar una muestra formada por una sola unidad y medirla.

En otro caso, si se quieren hacer mediciones de laboratorio para trazar una gráfica de control, basta llevar a dicho laboratorio tres, cuatro o cinco piezas o unidades de cada remisión. Por el contrario, si se tiene un problema grave y no predecible en determinado producto, entonces puede ser necesario inspeccionar el número total de piezas o unidades del lote.



Sin embargo, lo que se hace comunmente para inspeccionar - un lote de material, es fijar el tamaño de la muestra que se va a inspeccionar por medio de tablas, cuyos valores fueron calculados por técnicos especializados en el cálculo de probabilidades, de acuerdo al nivel de calidad deseado ya impuesto.

Las tablas de muestreo nos proporcionan diversos planes de muestreo, para diversas circunstancias. Por ejemplo, si se quiere ser tajante con el producto elaborado se puede escoger - un plan de muestreo estricto. Pero si se quiere dar cierta tolerancia, sin perder seguridad en el muestreo, se puede emplear un plan de muestreo reducido.

Un punto muy importante que se debe tomar en cuenta es que estos planes y tablas de muestreo es que sirven para el caso en que las piezas o unidades estén almacenadas en forma de lotes o remisiones, puesto que los valores fueron calculados para un tamaño de lote determinado, lo que no siempre sucede. Cuando se inspecciona una producción continua de piezas o de productos - terminados como en el caso de la producción de electrodos, en - ocasiones simplemente se inspecciona el 100% de lo que sale de la línea de producción, pero en muchísimos casos como el que es - tamos estudiando, esto no es posible y se debe muestrear. Si - para fijar el tamaño de la muestra se usan tablas comunes, se - puede caer en graves errores y causar confusiones en quienes - tratan de aplicar los métodos estadísticos a las líneas de pro-

ducción.

El problema es que generalmente, se desconocen los métodos o planes de muestreo que se han elaborado especialmente para el caso de producción continua, o si se les conoce, no se les da la debida importancia. En el plan de muestreo propuesto aquí se emplean dichos métodos de control de calidad.

Los sistemas de muestreo continuo o inspección continua no consideran como lote la producción de un día o de una semana, sino determinada cantidad de piezas o unidades producidas, que depende del tipo de producto y del número y la gravedad de las fallas que normalmente se presentan (o sea la confiabilidad que se tenga).

Otra diferencia es que no se rechaza toda la producción que ya salió de la línea, sino que se inspecciona cada pieza, o un determinado número de ellas. Si sale defectuosa alguna de las piezas inspeccionadas, se aumenta inmediatamente la frecuencia de la inspección, hasta llegar al 100% si es necesario. Esto se hace hasta recuperar la confianza tanto en el producto como en el proceso de fabricación. Cuando se ha revisado cierto número de piezas y estas no presentan fallas, se reduce una vez más la inspección hasta llegar a un número reducido y económico en el nivel de la inspección.

Se han desarrollado distintas variantes o métodos de inspección continua de los cuales se describen a continuación los más característicos.

#### Planes Dodge para la producción continua.

A este método también se le denomina CSP-1 (continuous sampling plan No. 1).

Este plan de muestreo se viene usando, principalmente en los Estados Unidos, desde hace varias décadas, fue el primero en su tipo en ser desarrollado completamente y es el punto de partida de todos los demás planes de muestreo continuo. Para su aplicación se siguen los siguientes pasos:

- a) Se inicia el control mediante la inspección de todas las unidades que salen de la línea de producción.
- b) Se continua la inspección del total de la producción hasta que se encuentra un cierto número de unidades en condiciones de aceptación al cual denominare  $i$ , este número depende del nivel de calidad aceptable que se desea tener a la salida de la inspección, es decir depende del límite de calidad promedio de salida (LCPS).
- c) Una vez que se han obtenido  $i$  unidades en condiciones-

de aceptación, se reduce la inspección a una fracción-denominada "f", con lo que se inspecciona una unidad - o un producto de cada f unidades que pasan a inspec -- ción.

- d) Cuando una de las unidades inspeccionadas se encuentra en condiciones de rechazo, se regresa a la inspección de todas las unidades producidas.
- e) Cuando se encuentra de nuevo i unidades sucesivas aceptables, se vuelve otra vez a la inspección reducida - mencionada.

Como se ve, el castigo para el producto que se esta elaborando no es el rechazo de un lote que se produjo y resultó ser defectuoso sino el hecho de que a partir del momento en que se produjo mal y durante cierto tiempo, se inspecciona el total - de unidades producidas.

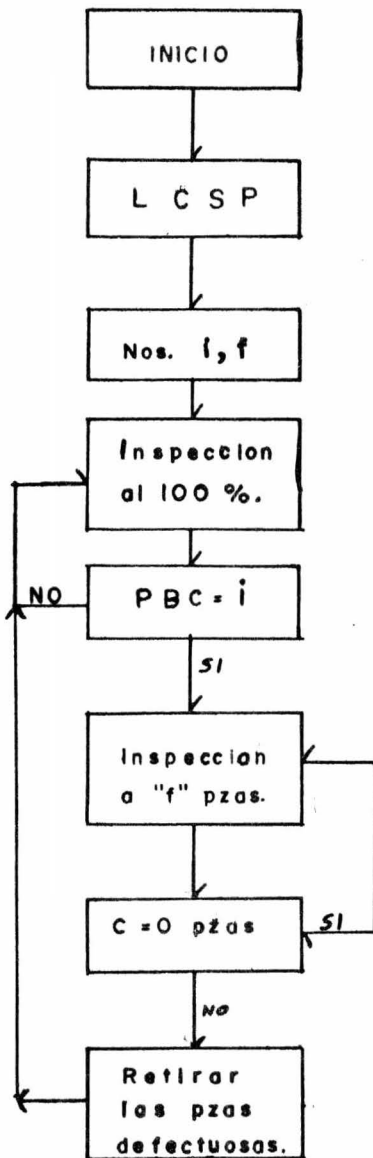
El diagrama de rutina de operación del plan de muestreo -- continuo LCSP-1 se da en la figura 1.

Los planes Dodge CSP-2 y CSP-3 son variantes del CSP-1. - La diferencia en que según éste último apenas una de las unidades de la muestra presenta las condiciones de rechazo, se regre

sa automáticamente a la inspección de toda la producción, y en el plan CSP-2 se concede una segunda oportunidad al producto - que se esta elaborando, esto es, se espera un número de unidades que se denomina "k" y si el producto vuelve a salir en condiciones de rechazo, se rechazan las piezas encontradas fuera de especificación y se reinicia la inspección de toda la producción. El número "k" se elige igual que el "i", casi siempre.

En el plan CSP-3 se busca además una protección contra una serie de productos defectuosos, para lo cual se inspeccionan - las cuatro unidades siguientes a la defectuosa, si alguna de ellas presenta fallas, se vuelve a inspeccionar toda la producción, sino, se sigue el procedimiento de acuerdo con el sistema CSP-2.

Los diagramas de las rutinas de operación para los planes de muestreo continuo CSP-2 y CSP-3 se dan en las Figs. 6 y 7.



### NOTACION

LCSP: Limite de calidad media  
; del producto.

"i": Piezas aceptadas consecutivas necesarias para la reduccion del número de piezas a inspeccionar.

"f": Frecuencia de la inspeccion del flujo del producto.

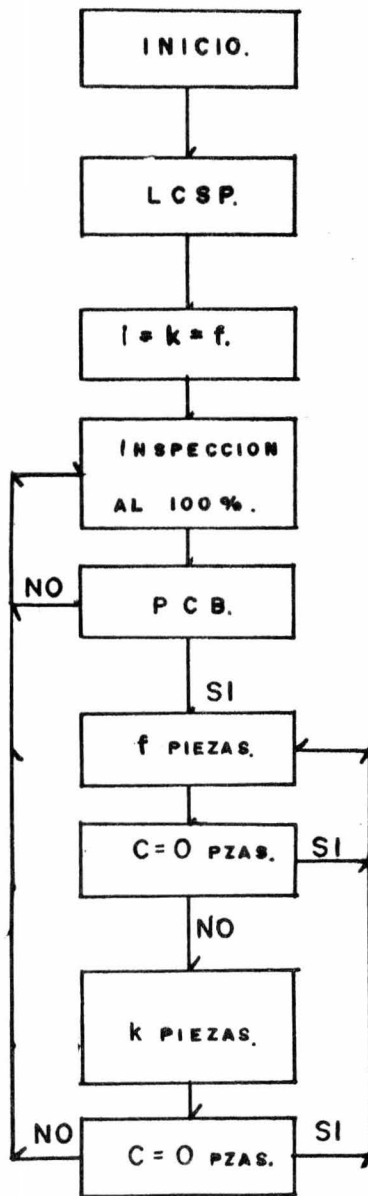
PBC: Número de piezas aceptadas consecutivamente.

"C": Número de piezas defectuosas.

SI: Se cumple la condición propuesta.

NO: La muestra no cumple con la condición propuesta.

FIG 5 ; Diagrama del plan de muestreo para producción  
continua L SCP - L



LCSP: Calidad media del producto.

"i": Piezas aceptadas consecutivas necesarias para reducir el número de piezas a inspeccionar.

"k": Número de pzas. aceptadas después de la aparición de una pza defectuosa.

"f": Frecuencia de la inspección del flujo del producto.

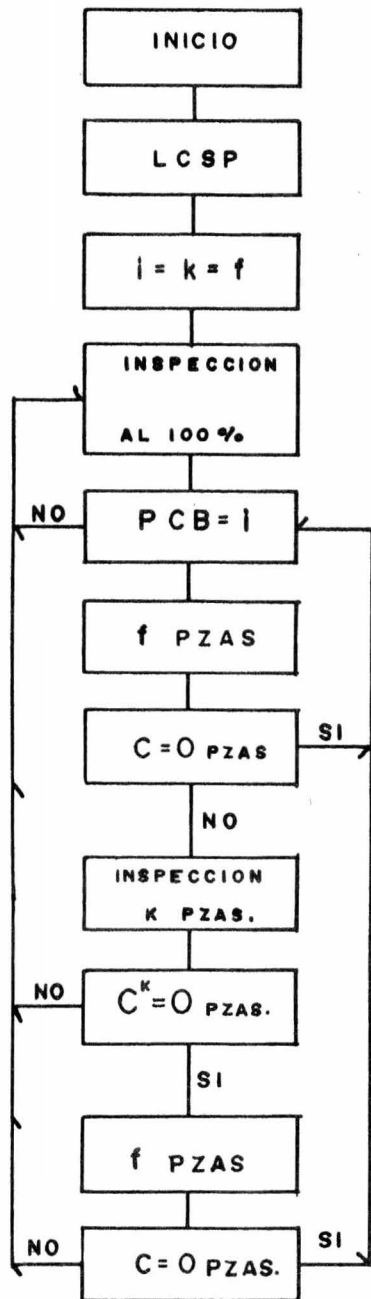
PCB: Número de pzas aceptadas consecutivamente.

"C": Número de piezas defectuosas.

SI: Se cumple la condición propuesta.

NO: La muestra no cumple la condición propuesta.

FIG. 6: DIAGRAMA DEL PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCCION CONTINUA. ( LCSP-2 ).



LCSP: Calidad media del producto.

"i": Piezas aceptadas consecutivas necesarias para reducir el número de pzas a inspeccionar.

"k": Número de pzas. aceptadas después de la aparición de una pieza defectuosa.

"f": Frecuencia de la inspección del flujo del producto.

PCB: Número de pzas aceptadas consecutivamente.

"C": Número de piezas defectuosas.

SI : Se cumple la condición propuesta.

NO : La muestra no cumple la condición propuesta.

"C<sup>k</sup>": Número de piezas defectuosas en la segunda inspección de la línea de producción.

FIG. 7: DIAGRAMA DEL PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCCION CONTINUA. ( LCSP-3 ).



## PRUEBAS FISICAS,

La selección de la soldadura para una aplicación estructural específica se basa en sus propiedades mecánicas, por ello es importante explicar y familiarizarse con algunas de las pruebas patrón empleadas para medirlas, y con la interpretación de la información obtenida a partir de ellas. Las pruebas más comunes que se efectúan en un depósito de soldadura son:

- a) La prueba de resistencia a la tracción indica la capacidad que tiene un material para soportar una carga estática;
- b) La prueba de dureza, que sirve para medir la resistencia que presenta un material a ser penetrado;
- c) La de doblado que permite conocer la unión y el tipo de estructura formado;
- d) La de resistencia al impacto, con la que se determina la tenacidad de un material a las cargas de choque.

Quando esta última prueba se realiza sobre un intervalo de temperaturas, se puede aprovechar para determinar la existencia de la transición del comportamiento frágil al dúctil, como una función de la temperatura.

## a) Prueba de resistencia a la tracción.

La prueba de tensión, en la cual se estira un material hasta su ruptura durante un período relativamente corto, es quizá la más útil de todas las pruebas empleadas para evaluar ciertas propiedades mecánicas de una soldadura. En esta prueba la muestra se sujeta a una fuerza de deformación que se aplica con una velocidad constante.

Con los resultados obtenidos se puede construir una curva en la que la variable dependiente es la fuerza aplicada y la independiente el alargamiento; que generalmente se registran como valores de esfuerzo y de formación unitarios y son independientes de la geometría de la muestra. (Figura 8)

Para esta prueba la probeta de tracción debe tener las dimensiones establecidas en las normas, con el fin de obtener resultados reproducibles. (Figura 9)

El esfuerzo " $\sigma$ " se define como la razón de la carga aplicada a la muestra (P) a la sección transversal original ( $A_0$ ). - Su expresión algebraica es:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

La deformación "E" se define como la razón del cambio de longitud de la muestra ( $A_1$ ) a su longitud ( $l_0$ ).

$$E = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Al iniciarse la prueba de tensión, el material se deforma elásticamente. Se dice que el material sobrepasó su límite elástico cuando la magnitud de la carga es suficiente para iniciar una deformación plástica, esto es, no recuperable. Sin embargo siempre existe una porción elástica. A medida que se continúa esta prueba, el esfuerzo aumenta y se dice que el material ha sufrido un endurecimiento por trabajo o deformación, este esfuerzo es máximo en el límite de resistencia a la tensión. En este punto se forma en la probeta una constricción o cuello, la cual es una reducción localizada en el área de la sección transversal en la que se concentra todo el esfuerzo subsecuente. Una vez formada esta constricción el esfuerzo disminuye al aumentar la deformación hasta que la muestra se rompe.

El valor de resistencia máxima es mayor que el valor del esfuerzo de fractura, pero en aquellos materiales que se rompen sin formar constricción, el valor de resistencia máxima a la tensión y el del esfuerzo de fractura son iguales. (Figura 10)

En aceros de bajo carbono y otras aleaciones la deformación plástica principia en el punto mínimo de cedencia. Este comportamiento se debe a la deformación de esfuerzos, que a menudo se localiza cerca de las quijadas que sostienen a la probeta y que se propagan a través de la muestra en forma de bandas que se perciben a simple vista, llamadas bandas de Lüder.

Durante la deformación elástica hay un ligero cambio en el volumen del material sujeto a prueba, que no se presenta en la deformación plástica, siempre que éste se mida sin aplicar la carga. Este cambio viene dado por la ecuación:

$$A_o L_o = A_f L_f = \text{constante}$$

Donde  $A_o$  y  $A_f$  son las áreas inicial y final, y  $L_o$  y  $L_f$  las longitudes inicial y final respectivamente.

De aquí que cuando un material se alarga, su sección transversal tiene por fuerza que disminuir. Durante la deformación elástica este cambio es despreciable, mientras que en la deformación plástica puede ser considerable. Por esta razón, cuando se trata de deformaciones plásticas se prefiere volver a definir al esfuerzo y a la deformación y emplear las expresiones de esfuerzo y deformación real. El esfuerzo real se define como la razón de la carga aplicada a la muestra con respecto al valor instantáneo del área mínima que la soporta. Su expresión -

algebraica es entonces:

$$t = \frac{P}{A_i}$$

La deformación real se define como:

$$E = \int_{l_0}^{l_i} \frac{dl}{l}$$

Donde  $l_i$  = longitud instantánea de la muestra.

$l_0$  = longitud inicial de la muestra.

En una probeta deformada plásticamente, de longitud inicial  $l_0$  y longitud instantánea  $l_i$  (medida cuando no actúa una carga sobre ella) la deformación real se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \ln \frac{l_i}{l_0}$$

Si las mediciones se efectúan cuando hay una carga que actúa sobre la muestra, es necesario corregir con el valor de la deformación elástica, el cual contribuye siempre al valor de elongación observado. Esta corrección se obtiene con la expresión:

$$(E)_c = \frac{l_i}{l_o} - \frac{.t}{E}$$

Los resultados de la prueba de tensión son de gran utilidad para el diseñador porque en la mayoría de las estructuras solo debe existir deformación elástica, al conocer el límite de fluencia se determina la carga máxima aplicable con seguridad. Muchas técnicas de fabricación, tales como el laminado, estirado y forjado dependen de la capacidad del metal para soportar una deformación plástica considerable antes de romperse. En este caso es importante conocer la ductilidad y la velocidad de endurecimiento del material con el que se trabaja. Por último, en la prueba de tensión el área bajo la curva de esfuerzo de formación, muestra la energía que absorbe antes de la fractura e indica la tenacidad del material.

b) Prueba de resistencia al impacto.

La prueba de impacto mide la energía necesaria para romper una barra con muesca patrón, por una carga bajo impulso, y por eso es un indicio de la tenacidad en presencia de muescas, de un material sometido a cargas de choque.

En la figura 11 se muestra el péndulo de impacto y la geometría de la muestra para una prueba de impacto Charpy "V" en la figura 12. En este aparato la muestra se coloca transversal

mente a unas quijadas paralelas que forman parte del mecanismo de prueba. El péndulo de peso conocido (Q) es liberado desde una altura determinada golpea y rompe la muestra antes de continuar su oscilación ascendente. Conociendo la masa del péndulo y la diferencia entre la altura inicial (H) y la final (h), se puede calcular la energía que absorbe la muestra en la fractura con la ecuación:

$$A = Q (H - h) \text{ Kgm}$$

La resiliencia del material  $a_k$  se expresa como la relación entre la energía gastada en la rotura y el área (F) en  $\text{cm}^2$  de la sección transversal de la probeta en el lugar del choque.

$$a_k = \frac{Q (H - h)}{F} \text{ Kgm/cm}^2$$

La resiliencia es pequeña para los materiales frágiles y para los aceros varía de 2 a 12  $\text{Kgm/cm}^2$ .

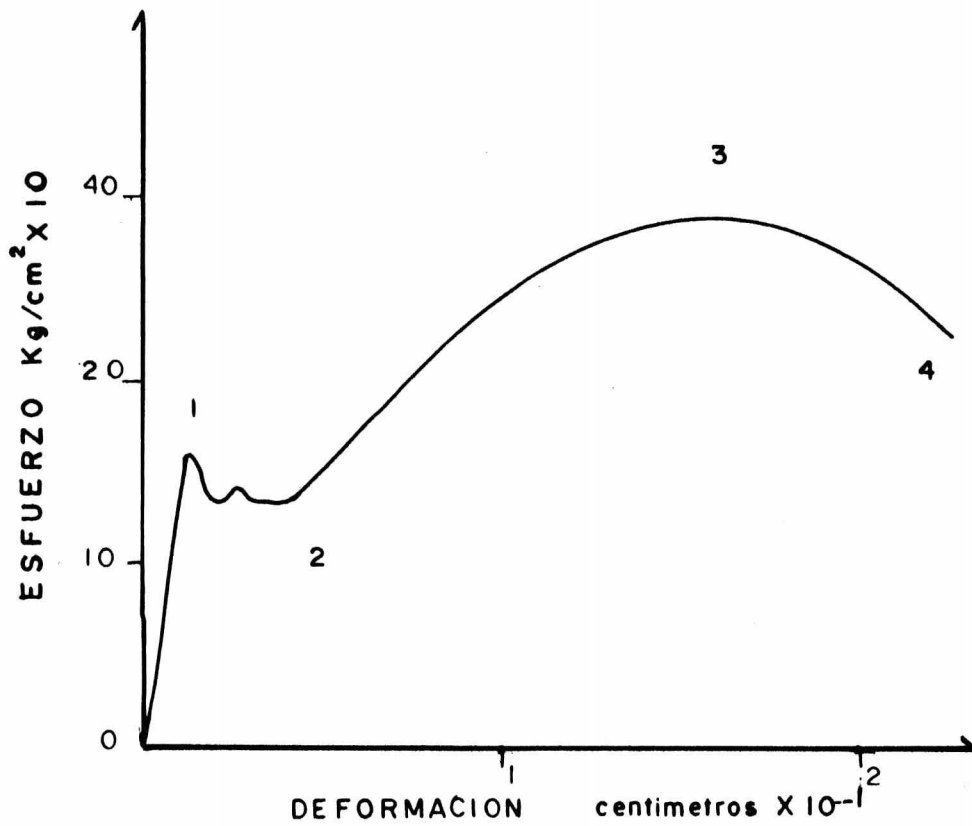
La presencia de la muesca en la probeta y la naturaleza instantánea del impacto aumentan la severidad del ensayo.

La finalidad de la muesca en V es la concentración del esfuerzo en la base de la muesca y esto produce una fractura con muy poca deformación plástica.

La prueba de impacto indica la sensibilidad a la presencia de fallas (en este caso la muesca) que tiene un metal, la cual resulta de la existencia de zonas de concentración de esfuerzos internos tales como inclusiones en los límites de grano, fisuras internas y fases secundarias. Es también útil como una herramienta en producción, ya que permite la comparación de materiales manufacturados con otros que han demostrado dar un servicio satisfactorio.

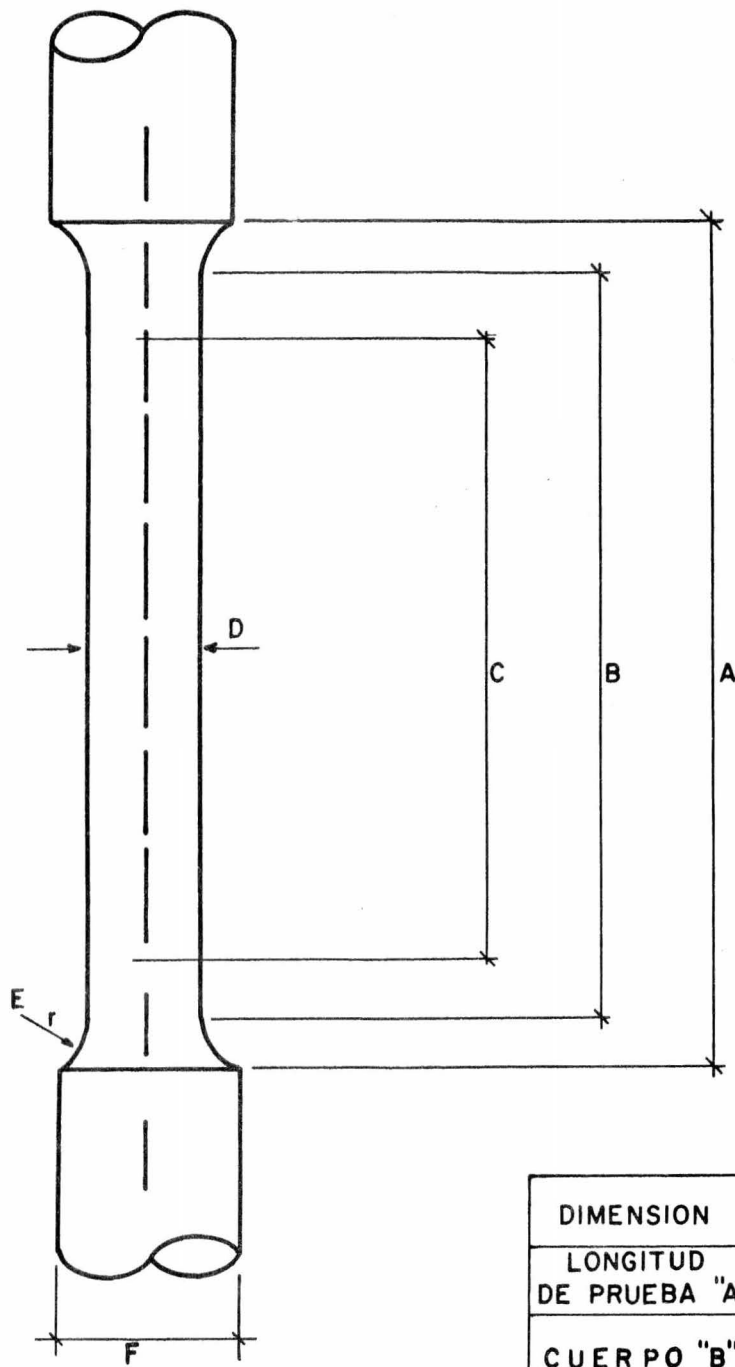
Los aceros, al igual que la mayor parte de otros materiales de estructura cristalina de cubo cara centrada (C.C.C.), absorbe más energía al romperse de modo dúctil que frágil, por ello la prueba de impacto se emplea a menudo para evaluar la temperatura de transición del estado dúctil al frágil. La temperatura de transición depende también de la geometría de la muesca en la probeta. Para materiales idénticos, mientras más agudo es el ángulo de la muesca o entalle, mayor es la temperatura aparente de transición y esto se puede notar mejor en las gráficas de los resultados de pruebas de impacto para aceros con diferente contenido de carbón y de níquel.





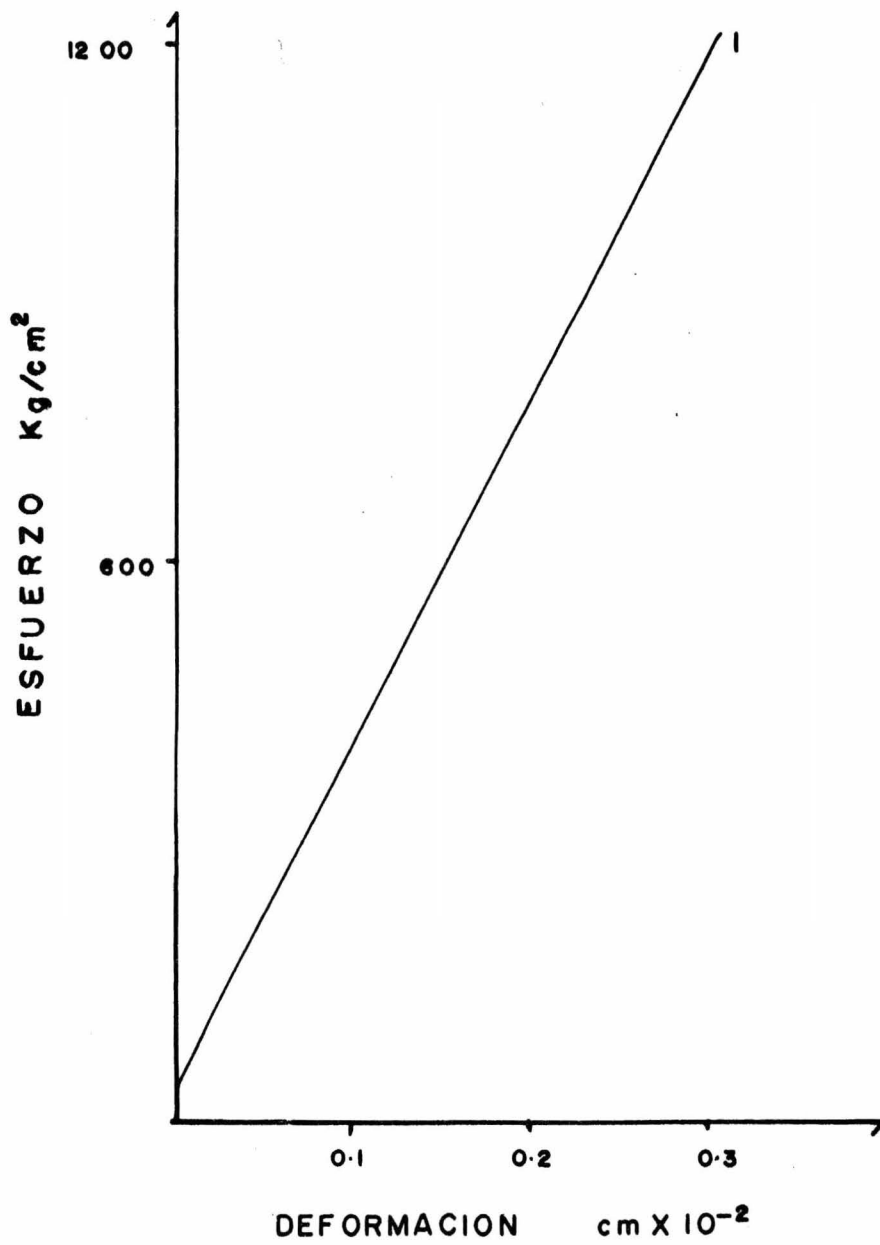
- 1 Limite Elastico Superior
- 2 Limite Elastico Inferior
- 3 Resistencia Maxima a la Traccion
- 4 Fractura.

FIG. 8 DIAGRAMA DE ESFUERZO-DEFORMACION



DIMENSION	NOMINAL	TOLERAN
LONGITUD DE PRUEBA "A"	70 mm	$\pm 2$ mm
CUERPO "B"	60 mm	$\pm 2$ mm
DISTANCIA ENTRE PUNTOS "C"	50 mm	$\pm 0.1$ mm
DIAMETRO MINIMO "D"	10 mm	$\pm 0.1$ mm
RADIO MINIMO "E"	5 mm	$\pm 0.1$ mm
DIAMETRO TOTAL "F"	SEGUN LA MORDAZA	

FIGURA 9.- PROBETA DE ENSAYO A LA TRACCION.



FIGIO DIAGRAMA DE DEFORMACION  
ESFUERZO (material inelastico).

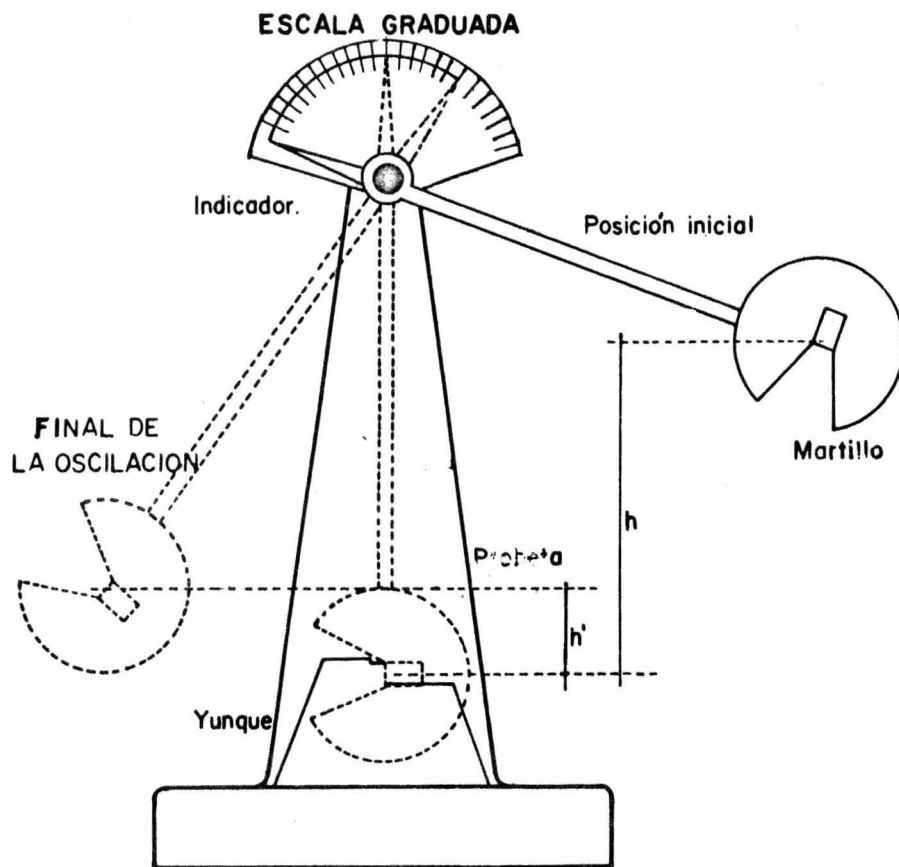
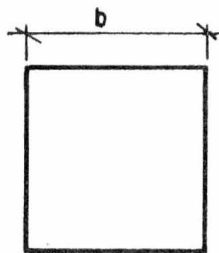
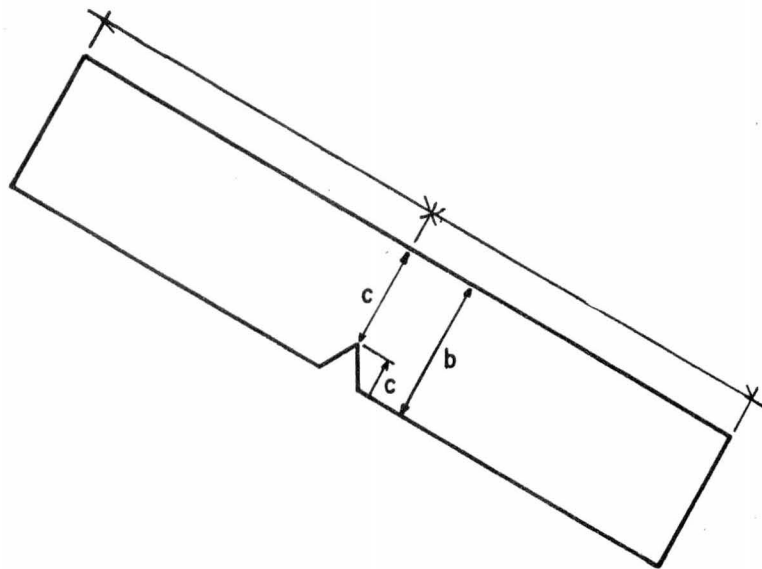
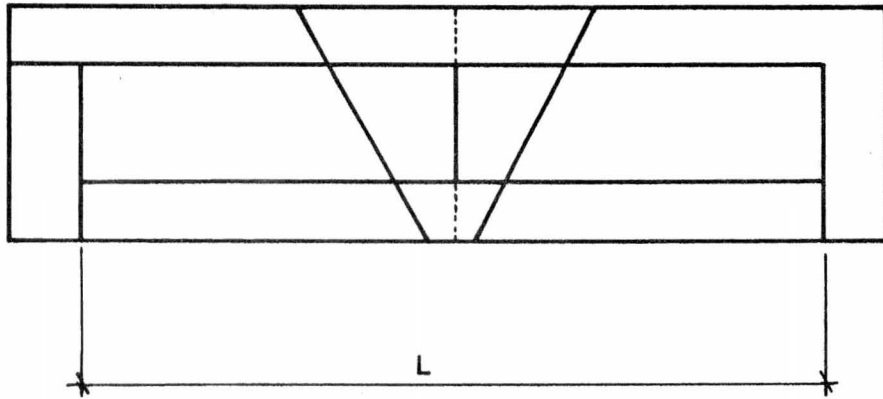


FIGURA.- II: DIBUJO ESQUEMATICO DE UN APARATO PATRON PARA PRUEBAS DE IMPACTO.

DEPOSITO DE  
SOLDADURA



DIMENSION	NOMINAL	TOLERAN.
LARGO "L"	55 mm	$\pm 0.6\text{mm}$
ANCHO Y GROSOR b	10 mm	$\pm 0.11\text{mm}$
ANGULO DE LA MUESCA	45°	$\pm 2^\circ$
RADIO A LA RAIZ r	0.25mm	$\pm 0.025\text{mm}$
DISTANCIA DEL CENTRO DE LA MUESCA AL FIN DE LA PZA. "l"	27.5 mm	$\pm 0.42\text{mm}$
PROFUNDIDAD DE LA MUESCA "c"	2 mm	$\pm 0.11\text{mm}$

FIGURA 12.- DIAGRAMA DE UNA PROBETA DE ENSAYO AL IMPACTO.

c) Prueba de dureza.

Esta prueba mide la resistencia de un material a la penetración. El penetrador es, por lo general, una esfera, una pirámide o un cono, hecho de un material mucho más duro que el que se ensaya (pueden ser de acero endurecido, carburo de tungsteno sinterizado, o bien de diamante). En la mayoría de las pruebas patrón, la carga se aplica al oprimir lentamente el penetrador perpendicularmente a la superficie ensayada, por un período determinado (figura 13)

De los resultados se puede calcular un valor empírico de dureza conociendo la carga aplicada y el área de la sección transversal o la profundidad de la impresión. Estas pruebas nunca se hacen cerca del borde de la muestra o cerca de otra penetración ya existente, en este último caso, la distancia mínima para efectuar una nueva penetración es de cinco veces el diámetro de la impresión anterior. El grueso de la probeta debe ser por lo menos diez y media veces la profundidad de la impresión.

Las penetraciones microscópicas de dureza se hacen empleando cargas muy pequeñas y sirven para estudiar variaciones de dureza localizadas en materiales monofásicos y multifásicos.

La mayoría de las pruebas de dureza producen una deformación

ción plástica en los materiales que las afecta.

En aquellos materiales que muestran características de endurecimiento por trabajo, existe una correlación válida entre la dureza y la resistencia máxima a la tensión. La prueba de dureza puede hacerse muy fácilmente y la información obtenida se evalúa inmediatamente. Por estas razones y por su carácter no destructivo, se emplea frecuentemente para control de calidad en la producción.

Los ensayos de dureza más comunes son:

- 1) Ensayo en aparatos tipo Brinell
- 2) Ensayo en aparatos tipo Rockwell
- 3) Ensayo en aparatos tipo Vickers

- 1) El ensayo Brinell se aplica para determinar la dureza de piezas no templadas (piezas laminadas, forjadas, moldeadas, matrices, accesorios y otras piezas), no es recomendable para materiales muy duros o para chapas finas. Consiste en hacer penetrar bajo una carga constante (P) una esferita de acero templado de diámetro (D) en la superficie de la pieza previamente pulida a paños. Mientras más duro es el metal, la huella de la

esferita es menor.

La penetración de la esfera se realiza por medio de -- una prensa hidráulica aplicada durante treinta segun - dos para metales suaves, y durante diez segundos para materiales duros. Luego, se retira la carga y se mide el diámetro de la huella con un microscopio metalográfico con ocular graduado.

El número de dureza Brinell se designa como  $H_B$  y se calcula con la fórmula:

$$H_B = \frac{2P}{D (D - D^2 - d^2)}$$

En donde  $d$  = diámetro de la huella

$P$  = fuerza aplicada

$D$  = diámetro del penetrador.

Existen tablas donde se dan los valores de  $H_B$  para diversos diámetros de la huella. Está establecido que entre la dureza Brinell y la resistencia a la tracción existe una relación constante que depende del material a probar. Las relaciones son las siguientes.

Para acero laminado:  $H_B = 0,36$



Para acero colado  $H_B = 0.3$  a  $0.4$

Para función gris:  $H_B = 0.1$

2) Dureza Rockwell. Existen siete ensayos diferentes - que se basan inicialmente en el mismo principio de la dureza - Brinell, la diferencia entre ellos estriba en el tipo de penetrador que se emplea y la carga que se aplica. Los que se emplean con más frecuencia industrialmente son los que se describen a continuación.

Para medir la dureza Rockwell del material se hace penetrar en la pieza que se ensaya, una esfera de acero de 1/16 de pulgada de diámetro, en caso de materiales blandos o un penetrador cónico de diamante con un ángulo de  $120^\circ$  en el vértice, en el caso de materiales duros.

A diferencia del método Brinell, la dureza Rockwell se determina por la profundidad de la penetración de la esfera o del cono, en la superficie de la pieza y no por el área de la huella.

La penetración durante el ensayo se lleva a cabo en dos etapas sucesivas: primero se aplica una carga preliminar de diez Kg. después, sin retirar esta carga, se aplica la carga fundamental de noventa Kg. en el caso del ensayo con la esfera y de 140 Kg. con el cono de diamante. Luego de un lapso de -

cinco segundos se quita la carga fundamental y determina la dureza del material que se está ensayando, por medio del indica-dor del aparato.

El número de dureza Rockwell corresponde a la diferencia entre la profundidad de la huella que se obtiene bajo la ac-ción de la carga preliminar y la fundamental.

Esta diferencia es lo que señala el indicador del durómetro. Por lo general existen en la carátula del indicador una escala roja B en la que se indica la dureza cuando se emplea la esfera, y una negra en la cual se indica la dureza al efectuar el ensayo con el cono.

El valor de la dureza se designa con la letra R, y el índice de la escala por la cual ha sido determinado:  $R_B$  para el uso de la esfera de acero, dureza Rockwell B y  $R_C$  para el uso del cono de diamante, dureza Rockwell C.

Las ventajas del método Rockwell consisten en una alta precisión de la medición, un gran rendimiento, una huella pe-queña en la pieza y una técnica sencilla de ensayo.

Para transformar dureza Brinell a Rockwell existen mono-gramas y tablas.

3) Dureza Vickers. Este método permite medir la dureza de las capas finas exteriores que se originan después de cementar, nitrurar y cianurar, así como la dureza de los materiales muy duros y piezas de sección pequeña.

La dureza se determina haciendo penetrar en el material de ensayo una pirámide de diamante de base cuadrada con un ángulo de 136° en el vértice.

La acción penetrante se efectúa aplicando una de las cargas siguientes: 5, 10, 20, 30, 50, 100 y 120 Kg.

Luego, con ayuda del microscopio instalado en el aparato, se calcula el área de la huella por la longitud de la diagonal.

Para que la medición sea más precisa el campo visual no ocupado por la huella se reduce por medio de persianas especialmente integradas al visor. El número de dureza Vickers se calcula por la fórmula:

$$H_V = \frac{P}{F} \text{ Kg/mm}^2$$

donde:  $H_V$  = dureza Vickers

$P$  = Esfuerzo en Kg.

$A$  = Area de la huella del penetrador

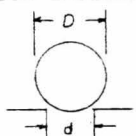
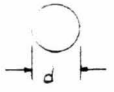
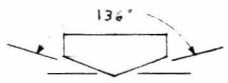
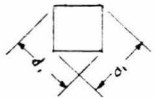

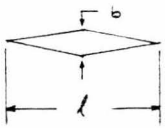
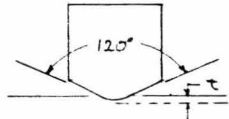

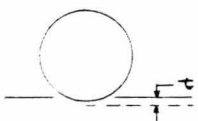

PRUEBA	PUNTA	FORMA DE LA PENETRACION.		CARGA	FORMULA PARA EL NUMERO DE DUREZA
		VISTA LATERAL	VISTA SUPERIOR		
BRINELL	Esfera de 10 mm de acero o carburo de tungsteno.			P	$NDB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
VICKERS	Piramide de diamante.			P	$NDV = 1.72 P / d_1^2$
MICRODUREZA KNOOP.	Piramide de diamante.			P	$NDK = 14.2 P / t^2$
ROCKWELL					
A	Cono de diamante			60 Kg.	$R_A = 100 - 500t$
C				150 kg.	$R_C = 100 - 500t$
D				100 Kg.	$R_D = 100 - 500t$
B	Esfera de acero de 1/16" de diámetro.			100 Kg.	$R_B = 130 - 500t$
F				60 Kg.	$R_F = 130 - 500t$
G				150 Kg.	$R_G = 130 - 500t$
E				100 Kg.	$R_E = 130 - 500t$

FIG. 13.- PRINCIPALES PRUEBAS DE DUREZA.

La dureza Vickers se expresa en las mismas unidades de medida que la dureza Brinell. Los números de dureza determinados por estos métodos coinciden para los materiales cuya dureza es hasta de 450 unidades.

#### d) Macrografía y Micrografía

La estructura que es visible a simple vista o con aumentos no mayores de treinta veces se denomina macroestructura. Un procedimiento particular de la macrografía es el examen de la fractura del metal para apreciar el tamaño de grano, la profundidad de la cementación, el grado de penetración en la soldadura, etc.

Por regla general, la macrografía se hace tomando una muestra adecuada llamada macroprobeta. Para preparar una probeta de este tipo, la pieza se corta por el plano que se desea examinar y se prepara al tamaño adecuado, se cepilla, pule y ataca con el reactivo apropiado para distinguir los componentes de la estructura.

Con el estudio de la macroestructura se puede determinar la dirección de las fibras en las piezas forjadas y estampadas el tamaño y la forma de grano, así como su disposición en las uniones soldadas, la existencia de sopladuras, grietas, rechu-

pes o porosidades en el metal del depósito, etc.

La micrografía es el estudio de la estructura de los metales y aleaciones que se examinan con aumentos entre treinta y mil quinientas veces, empleando un microscopio.

En la microestructura se pueden apreciar el tamaño y la forma del grano, los defectos microscópicos, el carácter del tratamiento térmico y químico-térmico, la composición química del acero al carbono recocido y los elementos estructurales de la aleación principalmente.

Para preparar una microprobeta se corta una muestra del metal que se ha de examinar, se cepilla, se pule y ataca con el reactivo apropiado una de sus caras y se observa al microscopio metalográfico a los aumentos deseados o estandarizados.

e) Examen por medio de Rayos X.

Por su naturaleza los rayos X son análogos a los ópticos y se diferencian de éstos por tener longitudes de onda más corta, comprendidas entre  $2 \times 10^{-8}$  y  $6 \times 10^{-10}$  cm. La aplicación de los rayos X permite realizar dos clases de investigaciones de los metales y las aleaciones que son:

1. Radioscopia. Consiste en el paso de los rayos X a través de los cuerpos impenetrables a los rayos ópticos. -

Este método da la posibilidad de determinar los defectos-internos de las piezas fundidas, forjadas o soldadas sin destruir la pieza. Los haces de rayos que pasan por aquellas partes de la pieza donde se hallan por ejemplo, sopladuras, tendrán mayor intensidad sobre una película fotográfica. La capacidad de penetración de los rayos X en los aceros es de unos 100 mm.

En los últimos años en la radioscopía se empiezan a emplear los rayos gamma emanados por sustancias radiactivas, tales como el mesotorio, isótopos de cobalto y algunos otros. Por su naturaleza, los rayos gamma son semejantes a los rayos X, pero su longitud de onda es aún menor, por esta razón, el poder de penetración de los rayos gamma es mayor que el de los rayos X.

2. Análisis estructural. Se basa en la capacidad que tienen los planos atómicos de los cristales de reflejar los rayos X según la ecuación de Bragg:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta$$

donde:

$n$  = número entero

$d$  = distancia entre los planos cristalográficos

$\lambda$  = longitud de onda empleada

$\theta$  = ángulo de reflexión de los rayos X por el plano del cristal

Los rayos X reflejados impresionan una película fotogr~~á~~fica que luego se descifra. El análisis estructural hace posible determinar los tipos y parámetros de las redes cristalinas de los metales y aleaciones.

f) Análisis térmico

El análisis térmico consiste en la determinación de las temperaturas de transformación alotrópica, lo que permite hacer luego las gráficas tiempo temperatura. Los puntos de inflexión de las curvas indican las temperaturas de las transformaciones alotrópicas que van acompañadas de un desprendimiento o de una absorción de calor. El análisis térmico es racional sólo cuando las transformaciones en el metal ocurren con un efecto térmico considerable.

El método más preciso para determinar los puntos críticos es el dilatométrico, que se basa en el cambio de volumen que experimenta un metal o aleación al sufrir una transformación. La magnitud del cambio de volumen no está relacionada con la velocidad de calentamiento o enfriamiento, lo que constituye una de las ventajas más importantes de este método.

La medición de la temperatura se efectúa con ayuda de los pirómetros, los cuales según el principio de su funcionamiento se dividen en tres grupos que son:



- a) termoeléctricos
- b) ópticos
- c) de radiación

Para nuestros problemas en la soldadura se emplean pirómetros termoeléctricos.

Los pirómetros termoeléctricos comerciales se componen básicamente de un termopar, y un galvanómetro. El termopar puede ser de hierro constantan para medir temperaturas hasta 700°C, de cromo alumel para medir temperaturas hasta 1000°C y de platino-platino/iridio para temperaturas más altas. El termopar se protege contra los efectos del medio ambiente con una camisa especial que no debe restar grandemente la sensibilidad del punto soldado del termopar.

El galvanómetro presenta una escala graduada con la relación entre los milivoltios producidos y la temperatura, siendo su lectura directa.

#### Defectoscopía Magnética

Este método se ha extendido mucho en la práctica ya que permite controlar la calidad de las piezas elaboradas y semielaboradas sin destruirlas. La pieza que se ha de supervisar se magnetiza de antemano y en la parte donde se halla el defecto aparece una dispersión de las líneas de fuerza magnética -

que forman sus polos en los extremos del defecto. Si se esparce polvo ferromagnético (método seco), o se moja la pieza con una suspensión de partículas magnéticas (método húmedo), los polos comienzan a atraer las partículas magnéticas formando un dibujo de gran contraste que indica la situación y el tipo de defecto. Una vez inspeccionada la pieza se desmagnetiza. Por este método se pueden revelar defectos tales como grietas, poros superficiales, sopladuras, inclusiones no metálicas y algunos otros.

## ANALISIS QUIMICOS

Todo hierro para usos industriales no es hierro puro, sino una aleación a base de hierro con uno o varios aleantes, pudiendo estos estar como impurezas o adicionados intencionalmente. El hierro de muy alta pureza no es propio para usos técnicos porque aparte del precio relativamente alto, sus características físicas, como son: la resistencia a la tracción y el límite elástico son pobres.

El material que se considera como hierro o acero no aleado es una aleación de hierro carbono principalmente. Se encuentra además un número de elementos en diferentes cantidades que son impurezas procedentes del mineral o del proceso de ela

boración en general. Todos los elementos influyen de una u otra forma en las propiedades físicas del hierro y los aleantes más usuales aumentan la resistencia a la tracción. A continuación describiremos a los aleantes e impurezas más comunes del hierro en la soldadura y sus efectos.

### CARBONO

El carbono no es solamente el más común de los aleantes, sino también el elemento que más efectos causa y, desde el punto de vista de soldar, su presencia por lo general resulta desfavorable. Esto se debe principalmente a la propiedad del carbono de mantenerse en solución dentro del hierro gamma (austenita) a temperaturas elevadas y a la separación del carbono a bajo de la temperatura de transformación austenítica. Esta transformación es función de la cantidad de carbono presente y de la velocidad de enfriamiento del material. Por regla general un contenido mayor de carbono causará mayor dureza, a la misma velocidad de enfriamiento.

Bajo condiciones normales de operación y ausencia de otros aleantes se considera que el límite permisible para soldar con seguridad y sin medidas especiales de precaución es de 0.25% en el metal de base, este límite se debe a las transformaciones que ocurren al aplicar una soldadura y el cambio de composición química que provoca zonas de concentración de es -

fuerzos al no existir una velocidad homogénea de enfriamiento en la zona de aplicación.

#### AZUFRE

El azufre es una impureza que se encuentra en pequeñas -- concentraciones practicamente en todos los aceros, la mayoría de las veces indeseable y dañina, y sólo en algunos casos sirve como aleante. Al soldar el azufre acarrea serias dificultades y puede hacer imposible la unión. El límite máximo es de 0.05% en el material de base y de 0.03% en el metal de aporte.

Los límites tan estrictos se deben a que el fierro y el azufre forman el sulfuro de hierro que se concentra al borde del grano y que junto con la austenita forman un eutéctico con un punto de fusión de 998 C. Este eutéctico líquido actúa como un lubricante o película separadora, permitiendo que los granos recién cristalizados se deslicen y se note una falla denominada grieta.

#### FOSFORO

Está considerado como una de las impurezas que más dificultades causa al soldar. El acero con alto contenido de fósforo tiende a volverse quebradizo a una temperatura de 400°C.- Este efecto se traduce en la formación de fisuras durante el -

enfriamiento, debidas a la falta de elasticidad del acero para soportar las fuerzas de contracción. El límite máximo permisible en el metal a soldar es de 0.05% y de 0.03% en el metal de aporte.

#### MANGANESO

Se emplea hasta un 2% de manganeso en los aceros no aleados y hasta 7% para los aleados. El manganeso es un elemento que facilita la unión principalmente por ligarse al azufre.

El manganeso se emplea por aumentar la resistencia a la tracción y el límite elástico, pero en combinación con el carbono reduce la velocidad de enfriamiento provocando un endurecimiento en el área soldada.

La relación óptima de manganeso carbono en el metal de base es de 0.25% C - 1.3% Mn. Aceros muy pobres en manganeso, con menos del 0.25% o depósitos con una cantidad similar de manganeso pueden ser difíciles de soldar por la falta de elasticidad y la tendencia a las fisuras.

#### CROMO

El cromo es uno de los aleantes que más se emplea en aceros de alta resistencia, esto se debe a que en cantidades redu

cidas la resistencia a la tracción y el límite elástico aumentan notablemente, así como la dureza, principalmente si el contenido de carbono es alto. Otra propiedad que da el cromo es que reduce la velocidad crítica de enfriamiento, proporcionando al acero una tendencia al endurecimiento.

Un contenido de cromo superior al 1% aumenta la resistencia a la corrosión pero presenta al soldar problemas más serios.

Para los aceros con un contenido normal de cromo se sugiere precalentar para soldar y un cuidado especial al enfriar.

#### NIQUEL

Es empleado en aceros de baja aleación o en aceros inoxidables, no ocasiona problemas ni siquiera en acero con alto contenido de carbono. Su uso se debe a que mejora las propiedades mecánicas a bajas temperaturas.

#### SILICIO

Es un elemento que se emplea frecuentemente en los aceros comerciales. Mientras el contenido sea menor al 0.5 % no ocasiona problemas al soldar, pero cuando es mayor, especialmente en el depósito, las características de la resistencia al impac-

to se reducen y se obtiene un acero menos tenaz y más frágil.

#### MOLIBDENO

Se usa hasta un 1% en los aceros estructurales y en porcentajes variables en aceros especiales. Es un elemento que favorece a la soldadura. Algunos autores consideran que el porcentaje de molibdeno más deseable en una soldadura es de 0.5%.

Los aceros con molibdeno son más resistentes por lo que requieren de un cuidado especial en la selección de el electrodo y la composición del metal aportado.

Hasta aquí solamente se describieron los aleantes más comunes, además de los ya mencionados se encuentran en concentraciones menores: aluminio, cobre, tántalo, niobio, boro, vanadio, siendo la lista de aleantes muy variada dependiendo del tipo de acero y el empleo que se le dé.

Los elementos que se encuentran en los aceros pueden ser divididos en tres grupos para su análisis.

- a) elementos que siempre estan presentes
  - b) elementos de aleación o de adición
  - c) elementos poco frecuentes de determinar
- a) Siempre están presentes el carbono, el manganeso, el silicio

cio, el fósforo y el azufre. Su determinación es importante porque de ellos dependen en parte las propiedades mecánicas de los aceros.

- b) Dentro de este grupo se encuentran el cromo, níquel, molibdeno, tungsteno, vanadio y cobre por citar algunos y que presentan concentraciones definidas para cada tipo de acero.
- c) Son los elementos que se determinan esporádicamente como el arsénico, zinc o estaño. Son por lo general elementos que poco afectan o que se hallan como trazas en el metal principal.

En el análisis rutinario de los aceros existen 10 elementos que son comunmente analizados y son:

- a) Carbono
- b) Azufre
- c) Fósforo
- d) Manganeso
- e) Silicio
- f) Níquel
- g) Cromo
- h) Vanadio
- i) Molibdeno



## i) Wolframio

Para la determinación de ellos se han desarrollado varias técnicas que son mencionadas por las normas o por los libros de análisis. Sin embargo, éstos métodos han sido en parte sustituidos en los laboratorios de análisis industriales, por métodos físicos que son mucho más rápidos que los métodos clásicos.

Los métodos que se dan a continuación son modificaciones a métodos analíticos empleados para otro tipo de materiales, pero que han demostrado su eficacia en la determinación de elementos presentes en los aceros. Sin descartar por esto los métodos clásicos que se aplican cuando se tiene necesidad de resultados más precisos o como referencia para el establecimiento de patrones internos para calibración.

## DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DEL CROMO

Reactivo: Difenilcarbazida:  $(C_{13}H_{14}N_4O)$

Límites óptimos de operación: 25 a 50 ppm.

Coefficiente de absorbitividad molar:  $\epsilon = 3.4 \times 10^3$

Longitud de onda empleada:  $\lambda = 540$  nm.

Espesor de la celda:  $l = 1$  cm.

Celda de referencia: Solución testigo con reactivos o agua des  
tilada.

## PREPARACION DE LAS SOLUCIONES:

Solución reactivo: 250 mg. de Difenilcarbazida en 100 ml  
de acetona R.A.

Acido Sulfúrico: 57 ml de ácido sulfúrico R.A. en 375-  
ml de agua destilada

## PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE REFERENCIA

Se pesan 3.73 gr. de cromato de potasio R.A. y se disuelven en un litro de agua destilada para obtener una solución de 1000 ppm de cromo. Se preparan a partir de la solución anterior diluciones que contengan: 0, 10, 20, 30, 40 y 50 ppm de cromo, y a cada solución se le agregan: 10 ml de una sol. de Fe de 300 ppm, 10 ml. de una sol. de Ni de 40 ppm, 10 ml. de

de una sol. de Mn de 125 ppm, se afora con agua destilada a un volumen de 100 ml.

Las soluciones se trabajan como se indica en el párrafo de desarrollo; con los resultados se traza la curva de ppm vs- absorvancia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA

Se pesan 1,000 gr. de la muestra del metal a analizar y se colocan en un matraz erlenmeyer de 500 ml, al que se le agregan: 20 ml de ácido sulfúrico 9 N. 5 ml de ácido nítrico concentrado, 10 ml de ácido fosfórico concentrado y 50 ml de agua destilada, la mezcla se calienta hasta la total disolución del metal y la aparición de humos blancos. La solución se enfría y se le agregan 10 ml de ácido perclórico, se calienta hasta la aparición de humos blancos densos y la solución sea de color amarillo. Se enfría y se agregan 20 ml de agua destilada, 20 ml de ácido tartarico, llevándose la solución a un pH 6.5-7.5 con hidróxido de amonio concentrado. Se afora con agua destilada a 250 ml.

#### DESARROLLO

Se toma una parte alicuota de la solución neutralizada que contenga aproximadamente 4 ppm de cromo en forma de cromato

se agregan 2 ml de la solución de ácido sulfúrico y un mililitro de la solución reactivo. Se afora a 50 ml con agua destilada. Se mide la absorbancia a una  $\lambda$  de 540 nm. en celdas de un cm de paso, ajustando el instrumento con la solución testigo y reactivos.

#### DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DEL MANGANESO

Reactivo: Formaldoxima ( $\text{CH}_3\text{NO}$ )

Límites óptimos de operación: 30 a 80 ppm de Mn.

Coefficiente de Absortibidad molar:  $\epsilon = 1.1 \times 10^4$

Longitud de onda empleada:  $\lambda = 450 \text{ nm.}$

Espesor de la celda:  $l = 1 \text{ cm.}$

Celda de referencia: Solución testigo con reactivos o agua destilada

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES:

Solución reactivo: Se disuelven 10 gr. de paraformaldehído R.A. y 23 gr. de sulfato de hidroxilamina en 100 ml de agua destilada

Solución de Ac. Tartárico: 30 gr. de ácido L(+) tartárico en 100 ml. de agua destilada.

Solución de Cianuro de Potasio: 10 gr. de cianuro de potasio en 100 ml. de agua destilada.

Solución de sulfato de hidroxilamina: 1 gr. de la sal en

100 ml. de agua destilada.

Solución de sulfato de zinc: 5 gr. de la sal en 100 ml.-  
de agua destilada.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE REFERENCIA:

Se disuelven 1.000 gr. de manganeso metálico con una pureza mínima de 99.9% en la mínima cantidad posible de ácido nítrico 1:1 y se afora a un litro con agua destilada para obtener una solución de 1000 ppm de Mn. Se preparan a partir de ella soluciones que contenga: 0, 15, 30, 45, 60 y 80 ppm de Mn. y a cada solución se le agregan: 10 ml de una solución de Fe de 300 ppm, 10 ml de una solución de níquel de 40 ppm, 10 ml de una solución de cromo de 75 ppm. Las soluciones se trabajan como se indica en el párrafo de desarrollo; con los resultados se traza la curva de concentración contra absorbancia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA:

Se pesan 1.000 gr. del metal a analizar y se colocan en un matraz erlenmeyer de 500 ml, al que se le agregan: 20 ml de ácido sulfúrico 9 N, 5 ml de ácido nítrico concentrado, 10 ml de ácido fosfórico concentrado y 50 ml de agua destilada, la mezcla se calienta hasta la total disolución del metal y la aparición de humos blancos, se enfría y afora a 250 ml con agua destilada.

## DESARROLLO:

Se toma una parte alicuota de la disolución de la muestra que contenga aproximadamente 4 ppm de Mn, se le agrega 1 ml de la solución de ácido tartárico y se neutraliza con una solución de hidróxido de amonio al 25%, añadiéndose unas gotas de exceso.- Se añade un mililitro de la solución de cianuro de potasio, se calienta por espacio de 10 minutos a baño maría. Se enfría rápidamente con agua helada y a la temperatura ambiente se añaden 2 ml de ácido tartárico, 1 ml de la solución de sulfato de Zn, 2 ml de la solución de hidroxilamina, 1 ml de la solución reactivo y 3 ml de la solución amoniacal y se afora a 50 ml con agua destilada, se mide la absorbancia a una  $\lambda$  de 450 nm en celdas de 1 cm de paso, ajustando el instrumento con la solución--testigo, reactivos o agua destilada.

## DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DEL MOLIBDENO

Reactivo: Fenilfluorona ( $C_{19}H_{12}O_5$ )

Límites óptimos de operación: 10 a 35 ppm de Mo.

Coefficiente de absorptibilidad molar:  $\epsilon = 2.4 \times 10^4$

Longitud de onda empleada:  $\lambda = 510$  mn.

Espesor de Celda:  $l = 1$  cm.

Celda de referencia: Solución testigo con reactivos o agua destilada.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES:

Solución reactivo: 50 mg. de fenilfluorona R.A. en una mezcla de 210 ml de etanol, 12 ml. de agua destilada y 2 ml de ácido sulfúrico R.A.

Solución de gelatina: Se disuelven 500 mg de gelatina en 100 ml de agua destilada.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE REFERENCIA:

Se disuelven 1.800 gr. de molibdato de sodio R.A. en un litro de agua destilada que contenga 10 ml de ácido sulfúrico por litro, para obtener una solución de 1000 ppm de molibdeno.- Se preparan a partir de ella diluciones que contengan 0, 10- 20, 30, 40, y 50 ppm de Mo. A cada solución se le agregan 10 ml de una solución de Fe de 300 ppm, 10 ml de una solución de Niquel de 40 ppm, 10 ml de una solución de cromo de 75 ppm, 10 ml de una solución de Mn de 125 ppm, se aforan con agua destilada a 100 ml. Las soluciones se trabajan como se indica en el párrafo de desarrollo; con los resultados se traza la curva de concentración vs absorbancia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA

Se pesan 1.000 gr. del metal a analizar y se colocan en -

un matraz erlenmeyer de 500 ml, al que se le agregan 20 ml de ácido sulfúrico 9 N, 5 ml de ácido nítrico concentrado, 10 ml de ácido fosfórico concentrado y 50 ml de agua destilada, la mezcla se calienta hasta la total disolución del metal, y la aparición de humos blancos, se enfría y se afora a 100 ml con agua destilada.

#### DESARROLLO:

Se toma una parte alícuota de la solución de la muestra que contenga aproximadamente 3 ppm de Mo en forma de molibdato - se le agregan 5 ml de ácido acético concentrado, 1 ml de la solución de gelatina, 3 ml de la solución reactivo y 5 ml de etanol, cuidando siempre que el pH este entre 2 y 3, se afora con agua destilada, se lee la absorbancia a 510 nm en celdas de 1 cm de paso, ajustando el instrumento con la solución testigo y reactivos o agua destilada.

### DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE CROMO

Método: Absorción atómica

Límites óptimos de operación: 25 a 100 ppm de Cr.

Sensibilidad del método: 0.41 ppm de Cr.

Límite de detección: 0.05 ppm de Cr.



Longitud de onda empleada:  $\lambda = 428.9$  nm.

Amplitud espectral de la banda: 0.1 nm.

Lámpara con cátodo hueco de Cromo.

Corriente de la lámpara: 5 mA

Combustible: Acetileno

Comburente: Oxido nitroso

Estiquimetría de la flama: reductora

#### INTERFERENCIAS:

Se ha reportado que el hierro, cobalto y níquel ocasionan disminuciones en la absorbancia del cromo, particularmente en presencia de ácido perclórico. Estas interferencias pueden atenuarse empleando una flama oxidante de aire-acetileno y de preferencia de óxido nitroso-acetileno. No se requiere en estos casos emplear supresores ionizantes. En la flama de aire-acetileno existen interferencias por la presencia de cobre, bario, aluminio, magnesio y calcio, pero sus efectos dependen de la estequiometría de la flama. La optimización de la estequiometría o el empleo de una flama de óxido nitroso-acetileno pueden eliminar las interferencias. La adición de etanol mejora la sensibilidad y minimiza las interferencias.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE REFERENCIA:

Se disuelve en ácido clorhídrico 1.000 gr de cromo metálico

co con una pureza del 99.9% y se afora a 250 ml para obtener una solución de 4000 ppm. Se prepara a partir de ella diluciones que contengan: 0, 20, 40, 60, 80 y 100 ppm de Cr, a cada solución se le agregan 10 ml de una solución de Fe de 300 ppm, -- 10 ml de una solución de Mn de 125 ppm, 10 ml. de una solución de níquel de 40 ppm, 2 ml de ácido clorhídrico concentrado, 50 ml de etanol y se afora a 100 ml con agua destilada. Las soluciones se determinan como se indica en el párrafo de desarrollo con los resultados obtenidos se traza la curva de concentración contra absorbancia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA:

Se pesan 1.000 gr del metal a analizar y se colocan en un matraz erlenmeyer de 500 ml, al que se le agrega 20 ml de ácido sulfúrico 9 N, 5 ml de ácido nítrico concentrado, 10 ml de ácido fosfórico concentrado y 50 ml de agua destilada. La mezcla se calienta hasta la total disolución del metal y la aparición de humos blancos, se enfría y se afora a 100 ml. con agua destilada.

#### DESARROLLO:

Se toma una parte alícuota de la solución de la muestra que contenga 6 ppm de Cr aproximadamente, con 1 ml de HCl concentrado y 25 ml de etanol y se afora a 50 ml con agua destilada.

Se realiza la determinación de la absorbancia a una de 428.9 nm calibrando al aparato con la solución testigo y reactivos o con agua destilada.

#### DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE MANGANESO

Método: Absorción atómica.

Límites óptimos de operación: 15 a 60 ppm de Mn.

Sensibilidad del método: 0,30 ppm de Mn.

Límite de detección: 0.03 ppm de Mn.

Longitud de onda empleada:  $\lambda = 403.1$  nm

Amplitud de la banda espectral: 0.1 nm

Lámpara de cátodo hueco de manganeso.

Corriente de la lámpara: 5 mA

Combustible: Acetileno

Comburente: Oxido nitroso

Estequiometría de la flama: neutra a oxidante

#### INTERFERENCIAS:

En la flama reductora de aire acetileno, la absorbancia del cromo se ve disminuída en presencia de fosfatos, percloratos, hierro, níquel y cobalto. En una flama oxidante de aire acetileno y de preferencia de acetileno óxido nitroso, los ele-

mentos antes citados no interfieren, la adición de etanol mejora notablemente la sensibilidad.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE REFERENCIA:

Se ataca 1.000 gr de manganeso metálico con una pureza de 99.9% con la mínima cantidad posible de ácido nítrico 1:1 y se lleva a un volumen de un litro con agua destilada para obtener una solución de 1000 ppm de Mn. Se prepara a partir de ella - diluciones que contengan: 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 ppm de Mn. Se adiciona a cada solución 10 ml de una solución de fierro de 300 ppm, 10 ml de una solución de Cr de 75 ppm, 10 ml de una solución de Ni de 40 ppm, 2 ml de HCl concentrado, 50 ml de etanol y se afora con agua destilada a 100 ml. Las soluciones se trabajan como se indica en el párrafo de desarrollo; con los resultados obtenidos se traza la curva de concentración contra absorbancia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA:

Se pesan 1.000 gr del metal a analizar y se colocan en un matraz de erlenmeyer de 500 ml, al que se le agregan 20 ml de ácido sulfúrico 9 N, 5 ml de ácido nítrico concentrado, 50 ml de agua destilada, la mezcla se calienta hasta la total disolución del metal y la aparición de humos blancos, se enfría y se afora a 100 ml con agua destilada.

## DESARROLLO

Se toma una parte alícuota de la solución de la muestra - que contenga aproximadamente 5 ppm de Mn y se trata con 1 ml de HCl concentrado y 25 ml de etanol, se afora a 100 ml con agua - destilada. Se realiza la determinación de la absorbancia a - 403.1 nm., calibrando el aparato con la solución testigo y reac-  
tivos o con agua destilada.

## DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DEL MOLIBDENO

Método: Absorción atómica

Límites óptimos de operación: 15 a 60 ppm de Mo.

Sensibilidad del Método: 0.33 ppm de Mo.

Límite de detección: 0.04 ppm de Mo.

Longitud de onda empleada: 313.3 nm.

Amplitud de la banda espectral: 0.1 nm.

Lámpara de cátodo hueco de molibdeno.

Corriente de la lámpara: 5mA

Combustible: Acetileno

Comburente: Oxido nitroso

Estequiometría de la flama: fuertemente reductora



#### INTERFERENCIAS:

Se ha observado que el molibdeno presenta interferencias por otros metales, dependiendo de las condiciones de la solución. Se recomienda la adición de un elemento refractario (al) o de lantano para disminuirlas, cuando se emplea la flama de óxido nitroso acetileno con el fin de disminuir aún más las posibles interferencias debidas a los elementos presentes en la solución a analizar.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE REFERENCIA:

Se ataca con ácido nítrico concentrado 1.000 gr de molibdeno metálico con una pureza de 99.9%, se calienta suavemente hasta la disolución del metal, se enfría y se afora a un litro con agua destilada para obtener una solución de 1000 ppm de Mo. A partir de esta solución, se preparan disoluciones que contengan: 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 ppm de Mo., a cada solución se le agregan 10 ml de una solución de Fe de 300 ppm, 10 ml de una solución de Cr de 75 ppm, 10 ml de una solución de Ni de 10 ppm 10 ml de una solución de Mn de 125 ppm, 2 ml de ácido clorhídrico concentrado, 50 ml de etanol y 10 ml de una solución de al de 1000 ppm. se afora a 100 ml con agua destilada. Las soluciones se trabajan como se indica en el párrafo de desarrollo; -- con los resultados que se obtengan se traza la curva de concen-

tración contra absorbancia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA:

Se pesa 1.000 gr del metal a analizar y se depositan en un matraz erlenmeyer de 500 ml, al que se le agregan 20 ml de agua regia y 20 ml de agua destilada, se calienta hasta la total disolución de la muestra y la presencia de una ebullición calmada, se enfría y se afora a 100 ml con agua destilada.

#### DESARROLLO:

De la solución de la muestra se toma una parte alícuota que contenga aproximadamente 4 ppm de Mo y se le agrega 1 ml de ácido clorhídrico concentrado, 10 ml de una solución de Al de 1000 ppm, 25 ml de etanol y se afora con agua destilada. Se realiza la determinación de la absorbancia de la muestra a una  $\lambda$  de 352.4 nm. calibrando el instrumento con la solución testigo y reactivos o con agua destilada.

#### DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DEL NIQUEL

Método: Absorción atómica.

Límites óptimos de operación: 15 a 60 ppm de níquel.

Sensibilidad del método: 0.34 ppm de níquel.

Límite de detección: 0.08 ppm de níquel.  
Longitud de onda empleada: 352.4 nm.  
Amplitud de la banda espectral: 0.1 nm.  
Lámpara de cátodo hueco de níquel.  
Corriente de la lámpara: 5mA  
Combustible: Acetileno.  
Comburente: Oxido nitroso.  
Estequiometría de la flama: reductora

#### INTERFERENCIAS:

De las bandas recomendadas para la determinación del níquel (232.0 y 352.4 nm), la más recomendada es la de 352.4 nm para el análisis cuantitativo por las siguientes razones: a 232.0 nm. las especies no atómicas presentes en la muestra absorben fuertemente a esta longitud de onda, por lo que es necesario medir la absorción de la muestra mediante una lámpara de emisión continua de hidrógeno para saber la absorbancia causada por estas especies y el valor obtenido se resta a la señal de la absorbancia aparente de la muestra, para cada muestra o solución de referencia. A 352.4 nm este efecto no es importante aún en soluciones con alto contenido de aleantes. Otra razón es que la banda de 352.4 nm es más útil para la calibración y operación por estar los resultados más cercanos a una línea recta en la zona de trabajo. En soluciones con ácido clorhídrico o perclórico la absorbancia del níquel se ve disminuída en un



5% aproximadamente en presencia del fierro, cobalto o cromo; - estas interferencias pueden ser disminuidas empleando etanol y eliminadas casi por completo con una flama recutora de acetileno -óxido nitroso.

#### PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE CALIBRACION:

Se disuelve en ácido nítrico 1:1, 1,000 gr de níquel metálico con una pureza del 99.9% y se lleva a un volumen de un litro con agua destilada para obtener una solución de 1000 ppm de Ni. A partir de esta solución se preparan disoluciones que contengan 0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 ppm de Ni. Se adicionan a cada solución 10 ml de una solución Fe de 300 ppm, 10 ml de una solución de Cr de 75 ppm, 10 ml de una solución de Mn de 150 ppm, 1 ml de ácido sulfúrico concentrado, 50 ml de etanol y se afora con agua destilada a 100 ml. Las soluciones se trabajan como se indica en el párrafo de desarrollo. Con los resultados que se obtengan se traza la curva de concentración contra absor**ban**cia.

#### DISOLUCION DE LA MUESTRA:

Se pesa 1.000 gr del metal a analizar y se colocan en un matraz de erlenmeyer de 500 ml, se le agregan 10 ml de ácido sulfúrico 9 N, 5 ml de ácido nítrico concentrado, 10 ml de ácido fosfórico y 50 ml de agua destilada, se calienta la mezcla hasta la total disolución del metal y la aparición de humos blancos, se enfría y se afora a 100 ml con agua destilada.

## DESARROLLO

Se toma una parte alícuota de la solución de la muestra - que contenga aproximadamente 6 ppm de níquel, se le agregan 1 - ml de ácido sulfúrico concentrado, 25 ml de etanol y se afora - con agua destilada a 50 ml. Se realiza la determinación de la - absorbancia de la muestra a una  $\lambda$  de 352.4 nm. calibrando el - instrumento con la solución de testigo y reactivos o con agua - destilada.

## C A P I T U L O    I V

ORGANIZACION DE LA GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD

## ORGANIZACION DE LA GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD

Con el fin de realizar eficientemente la supervisión de la calidad del producto, se deberán tomar las siguientes determinaciones:

- a) La creación de una gerencia de control de calidad que dependerá directamente de la gerencia general.
- b) La gerencia de control de calidad tendrá 2 jefaturas, 5 departamentos y un laboratorio de desarrollo.
- c) La jerarquización no será tan rígida que no permita en -- caso necesario, la información de los resultados a la gerencia de producción.
- d) Se definirán en forma precisa las obligaciones, los derechos y responsabilidades que tendrá la citada gerencia en el proceso de producción y la calidad del producto terminado.

La gerencia de control de calidad se divide como a continuación se indica:

GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD

a) Jefatura de pruebas físicas

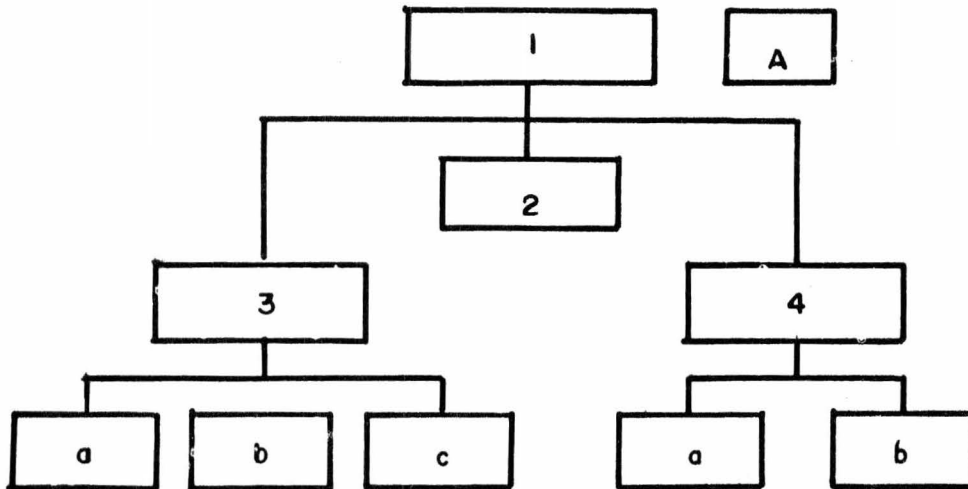
1. Departamento de ensayos mecánicos y pruebas de campo.
2. Departamento de metalografía.
3. Departamento de maquinado.

b) Jefatura de análisis químicos.

1. Departamento de análisis por vía húmeda.
2. Departamento de análisis instrumental.

c) Laboratorio de desarrollo.

1. Sección de optimización de productos.
2. Investigación de nuevos productos.



- 1- Gerente de control de calidad.
- 2- Laboratorio de desarrollo.
- 3- Jefatura de pruebas físicas.
  - a) Departamento de ensayos mecánicos y pruebas de campo.
  - b) Departamento de metalografía.
  - c) Departamento de maquinado.
- 4- Jefatura de análisis químicos.
  - a) Departamento de análisis por vía húmeda.
  - b) Departamento de análisis instrumental.
- A- Asesoría técnica.

FIG. 14.

Oganigrama formal de la Gerencia de control de calidad.

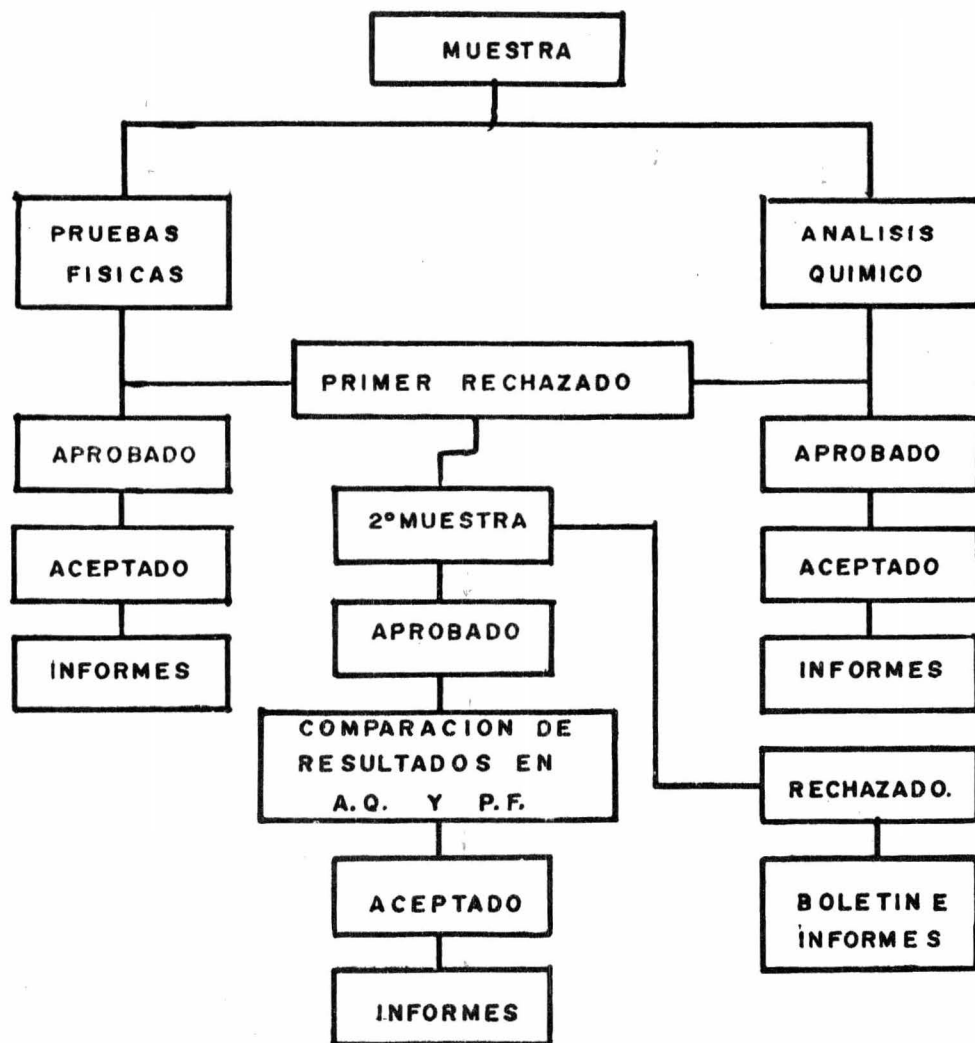


FIG.15.- Diagrama de la secuencia de trabajo

Para la aprobacion de electrodos y materias primas.

El organigrama formal de la gerencia de control de cali -  
dad se muestra en la Figura 14, y en la Figura 15 aparece la se  
cuencia de aprobación e información de resultados de la supervi  
sión de calidad del producto.

Una vez obtenidos los resultados por los laboratorios de-  
pruebas físicas y de análisis químicos, son enviados a la geren  
cia de producción como base para la toma de decisiones de acep-  
tación o rechazo del producto en curso de elaboración o termina  
do.

El personal mínimo necesario para el tipo de planta sobre  
el cual se ha hecho el estudio es de 14 elementos, y son:

Gerente de Control de Calidad  
Jefe de Laboratorio para Pruebas Físicas  
Jefe de Laboratorio para Análisis Químicos  
Jefe de Laboratorio para Laboratorio de Desarrollo  
Técnico para Pruebas de Campo  
Técnico para Ensayos Físicos  
Técnico de Análisis Químicos de Vía Húmeda  
Técnico de Análisis por Vía Instrumental  
Ayudante de Laboratorio para el Lab. de Pruebas Físicas  
Ayudante de Laboratorio para el Lab. de Vía Húmeda  
Ayudante de Laboratorio para el Lab. de Desarrollo



Maestro soldador para el Departamento de Maquinado

Maestro tornero para el Departamento de Maquinado

Ayudante para la limpieza de material y equipo

Tomando como base el puesto así como las responsabilidades que éste trae, se indica a continuación el nivel de estudios que debe tener el personal que los ocupa.

NIVEL DE ESTUDIOS REQUERIDOS PARA EL PERSONAL DE LA  
GERENCIA DE CONTROL DE CALIDAD

Gerente de Control de Calidad:	Lic. en Ing. Quím. Metalúrgica
Jefe de Lab. de Pruebas Físicas:	Lic. en Ing. Quím. Metalúrgica
Jefe de Lab. de Anal. Químicos:	Lic. en Ing. Quím, Metalúrgica o Lic. en Química
Jefe de Lab. de Desarrollo:	Lic. en Ing. Quím. Metalúrgica
Técnico de pruebas de campo;	Técnico de Instrumentación - Industrial Titulado.
Técnico de análisis químicos:	Técnico de Análisis Químicos - Titulado.
Técnico de Instrumentación Industrial:	Técnico de Análisis Químicos - Titulado.
Técnico de Ensayos Físicos:	Técnico de Instrumentación Industrial Titulado.
Maestro soldador:	Secundaria técnica y curso de- capacitación

Maestro tornero: Secundaria técnica y curso de capacitación

Personal de limpieza: Secundaria

Los salarios propuestos para el personal de la gerencia - de Control de Calidad se dan en el cuadro siguiente:

SALARIOS PROPUESTOS PARA EL PERSONAL DE LA GERENCIA  
DE CONTROL DE CALIDAD

Gerente de Control de Calidad	\$ 20,000.00
Jefe de Pruebas Físicas	15,000.00
Jefe de Análisis Químicos	15,000.00
Jefe de Laboratorio de Desarrollo	15,000.00
Técnico para Pruebas de Campo	8,000.00
Técnico para Pruebas Físicas	8,000.00
Técnico para Análisis Instrumental	8,000.00
Técnico para Análisis por Vía Húmeda	8,000.00
Ayudante de laboratorio de Análisis Químicos	6,000.00
Ayudante de laboratorio de pruebas Físicas	6,000.00
Ayudante de Análisis por Vía Instrumental	6,000.00
Ayudante de Laboratorio de Desarrollo	6,000.00
Maestro Tornero	5,000.00
Maestro Soldador	5,000.00
Personal de Limpieza	3,000.00

Estos salarios son mensuales.

Para poder realizar la supervisión correctamente, se requiere de equipo y material específico para cada prueba.

Los costos de montaje de la gerencia de control de calidad se dividieron básicamente en 3 partidas: una para el laboratorio de análisis químicos, otra para el laboratorio de pruebas físicas y la tercera para el laboratorio de desarrollo y equipo de oficina.

El equipo solicitado para el laboratorio de pruebas físicas se describe a continuación:

1. Máquina universal para las pruebas de tracción, tensió - graficador anexo y equipo auxiliar.
2. Máquina universal de resiliencia con accesorios.
3. Máquina universal para la determinación de dureza con pe - netradores y equipo auxiliar.
4. Equipo para la aplicación de soldadura A.C. completo.
5. Equipo para la aplicación de soldadura D.C. completo.
6. Horno de tratamiento térmico con control automático de - temperatura y accesorios.

7. Determinador automático de granulometría con juego de mallas completo.
8. Torno y accesorios.
9. Fresadora y accesorios.
10. Cepillo y accesorios
11. Cortadora de disco, incluyendo equipo de enfriamiento.
12. Lijadoras.
13. Pulidoras automáticas.
14. Microscopio metalográfico. (cámara fotográfica integrada)
15. Determinador de ferrita.
16. Equipos de precisión para medidas lineales.
17. Juego de herramientas para mantenimiento.

Para el montaje del laboratorio de análisis químicos se requiere del siguiente equipo:

1. Espectrofotómetro de absorción atómica automático, de lectura digital para medición de absorbancia o transmitancia con precisión de  $\pm 1\%$ , equipo de premezclado y nebulizador neumático de flujo laminar, equipo monocromador de rejilla difractora en montaje de Ebert, ámbito de trabajo de 185 a 1000 nm, con precisión de  $\pm 0.1$  nm de longitud de onda y  $\pm 0.1$  nm de reproducibilidad en la longitud de onda señalada, control automático de gases.
2. Equipo para la determinación de carbono y azufre, se suiere el equipo de Leco con balanza y ajuste integrado.
3. Espectrofotómetro ultravioleta-visible con ambito de 300- a 900 nm. de doble haz y resolución de  $\pm 0.1$  nm. y precisión de  $\pm 1\%$ .
4. Potenciómetro de lectura digital, con electrodos de vidrio, calomelanos y plata.
5. Dos balanzas analíticas, de substitución, con pesada automática y pretara.
6. Determinador automático de humedad según Karl-Fisher.
7. Mufla con control automático de temperatura con ambito de 20 - 1200°C

8. Estufa con control automático de temperatura con ámbito - de 20=200°C.
9. 2 parrillas de calentamiento contra explosiones de 50 cm- x 20 cm.
10. Equipo de vidrio necesario.
11. Equipo de platino necesario.
12. Reactivos químicos.
13. Cuatro agitadores electromecánicos.
14. Equipo de mantenimiento y refacciones.
15. Lámparas de absorción atómica necesarias.

Para el montaje del laboratorio de desarrollo y las oficinas se solicita el siguiente equipo:

1. Mezcladora de 25 kg. con accesorios.
2. Horno de secado de control automático de temperatura.
3. Extrusionadora experimental completa.
4. Balanza granataria con capacidad de 10 kg.
5. Microscopio metalográfico hasta 800 aumentos.

6. Cortadora de disco completa.

Para las oficinas se requiere del equipo normal como son: escritorios, máquina de escribir, estantería, archiveros, etc.

El edificio para los laboratorios de control de calidad - se muestra en la Fig. 16.

La inversión inicial presupuestada para los laboratorios de control de calidad es de 4.5 millones de pesos aproximadamente, esto incluye edificios, instalaciones y servicios.

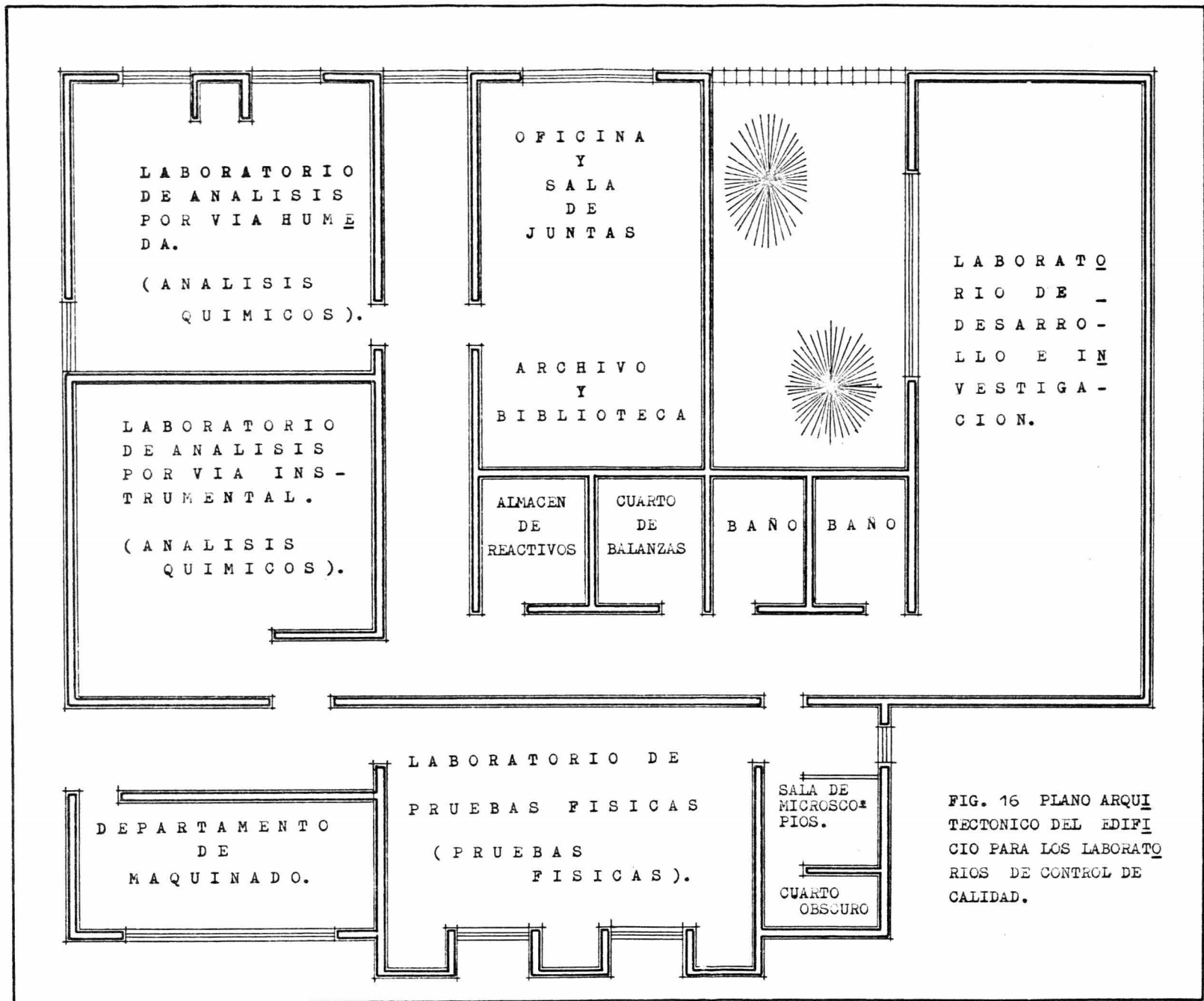


FIG. 16 PLANO ARQUITECTONICO DEL EDIFICIO PARA LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD.



## C A P I T U L O    V

REGLAMENTO PARA LA APROBACION DE LOS ELECTRODOS  
DEL TIPO VARILLA FUNDENTE PARA SOLDADURA MANUAL.  
POR ARCO ELECTRICO

## REGLAMENTO PARA LA APROBACION DE LOS ELECTRODOS DEL TIPO VARILLA FUNDENTE PARA SOLDADURA MANUAL POR AR- CO ELECTRICO

En el Capítulo III se explicaron brevemente las pruebas fí  
sicas y los elementos a determinar en los depósitos de soldadu-  
ra, a continuación se presenta el reglamento interior de los la-  
boratorios de control de calidad que se aplica para la acepta-  
ción de los electrodos producidos.

Para clasificar las pruebas y normas a cumplir para la a-  
probación de los electrodos, los párrafos han sido numerados -  
con arábigos y las pruebas con número romano, anteponiendo a és  
tos las siglas Pn (pruebas de norma), Pd (pruebas al depósito -  
metálico), Pt (pruebas a tope), Ps (pruebas de soldificación), -  
Pa (pruebas adicionales) y Cc (Certificado de calificación).

REGLAMENTO PARA LA APROBACION DE LOS ELECTRODOS DEL  
TIPO VARILLA FUNDENTE PARA SOLDADURA MANUAL POR  
ARCO ELECTRICO

I. GENERALIDADES

Pn-I-01. El método de producción de los electrodos deberá estar adecuadamente controlado para asegurar una uniformidad razonable en la fabricación de los mismos.

Pn-I-02. Los electrodos se aprobarán si cumplen con las siguientes pruebas físicas y los análisis químicos son satisfactorios. Los conjuntos de prueba y las probetas se prepararán en presencia del jefe del laboratorio de pruebas físicas y todas las pruebas se llevarán a cabo bajo su supervisión. Los análisis químicos serán supervisados por el jefe del laboratorio de análisis químicos.

Pn-I-03. Los electrodos se clasificarán por grados: 1, 2 y 3, de acuerdo con los resultados de la prueba de resiliencia y su composición química. Los electrodos que hayan aprobado los requisitos del grado 2, se considerará que cumplen con los requisitos del grado 1, los que han aprobado la prueba grado 3,

se considerará que han aprobado también los requisitos para los grados 1 y 2.

Pn-I-04. Todos los conjuntos de prueba deben de ser de metal - adecuado y de preferencia de composición semejante a las del de pósito de soldaduras, y cumplir con las normas de ASTM y AWS.\*

Pn-I-05. La corriente empleada al soldar debe de estar compren dida dentro de la gama recomendada por el Departamento de pro - ducción, si se indica que el electrodo es apto para corriente - alterna y continúa, se empleará corriente alterna para la prepa ración de los conjuntos de prueba.

## II. PRUEBAS AL DEPOSITO METALICO

Pd-II-06. Las pruebas físicas se llevarán a cabo con el debido control en la determinación de la resistencia a la tracción y - de resiliencia correspondiente al metal de aporte.

Pd-II-07-1. En la posición de sobreplano, tal y como se mues - tra en la figura PF-II-1, se prepararán 2 juegos de probetas - del metal depositado, correspondientes a una muestra de los - electrodos producidos. Si el electrodo es de producto termina-

\* ASTM: American Society of Testing Materials.

AWS: American Welding Society.

do y empacado, se emplearán electrodos tomados de los empaques que componen la remisión.

Pd-II-07-2. El metal se ha de depositar en capas de uno o va - rios cordones, según la práctica normal, alternando de un extremo a otro de la chapa la dirección de depositación de cada capa. Los cordones no deberán ser mayores a 4 mm ni menores a 2 mm de espesor. Entre cada cordón hay que dejar reposar el conjunto - en aire en calma por el tiempo que sea necesario para alcanzar una temperatura de 250°C, tomándose la temperatura al centro - del conjunto, sobre la superficie de la costura y por medio de un pirómetro de termopar.

Pd-II-07-3. Una vez soldados los conjuntos no se someterán a - tratamiento térmico alguno.

Pd-II-07-4. Las dimensiones de las placas del conjunto son da - das en la figura de Pf-II-1.

Pd-II-08-1. Para la muestra de análisis químicos, ésta se ob - tendrá de los conjuntos conforme las normas establecidas para - el muestreo de metales.

Pd-II-08-2. De cada conjunto de prueba se tomará una muestra - para su análisis químico.

Pd-II-08-3. En caso de no aprobar la primera muestra el análisis químico, se procederá a analizar la segunda muestra, si ésta aprueba las especificaciones se aceptará el producto, condicionando su aprobación a los resultados de las pruebas físicas, En caso de que la segunda muestra no sea aprobada, se solicitarán dos nuevas muestras de dos depósitos del mismo material, debiendo las dos aprobar los análisis químicos para la aprobación del producto.

### III. PRUEBA DE TRACCION

Pd-III-09. Las probetas de tracción, una de cada conjunto de metal depositado, deben de maquinarse a las dimensiones indicadas en la figura Pf-III-2, teniendo el cuidado de que su eje longitudinal coincida con el centro de la soldadura y el hemipesor de las chapas.

Pd-III-10. La probeta de tracción debe someterse antes de la prueba a una temperatura que no exceda de 250°C. durante un período no mayor a 16 horas para eliminar tensiones y el hidrógeno.

Pd-III-11. Para aceptar cualquier partida, los resultados de la prueba deben de estar dentro de los límites establecidos por las normas internacionales aceptadas para el control de calidad

o bien, por mutuo acuerdo entre productor y comprador, sin embargo, si se sobrepasa el límite superior hay que prestar especial atención a los resultados del análisis químico del depósito y a los resultados de la prueba de resiliencia y dureza, antes de la aprobación o rechazo de la partida.

#### IV. PRUEBA DE RESILIENCIA

Pd-IV-12. Las probetas han de ser del tipo Charpy con entalle en "V" de acuerdo a las normas internacionales, según se describe en la figura Pf-IV-3, debiéndose sacar tres probetas de cada conjunto de prueba del metal depositado. Las probetas se cortarán con un eje longitudinal normal a la soldadura y su cara superior 5 mm por debajo de la superficie de la chapa. La entalladura en "V" se hará en el centro de la soldadura y en la cara normal a la superficie de la chapa como se muestra en la figura Pf-IV-3.

Pd-IV-13-1. Para los electrodos de grado 1 el valor medio de la prueba de resiliencia para las tres probetas de cada conjunto no ha de ser menor al valor límite inferior de la norma internacional a una temperatura de 20°C.

Pd-IV-13-2. Para los electrodos de grado 2, el valor medio de la resiliencia para las tres probetas de cada conjunto no ha de

ser inferior al valor límite inferior de la norma internacional a una temperatura de 0°C.

Pd-IV-13-3. Para los electrodos de grado 3, el valor medio de la resiliencia de las tres probetas de cada conjunto no ha de ser menor al valor límite inferior de la norma internacional a una temperatura de -20°C y/o -10°C.

Pd-IV-13-4. La temperatura de la prueba para los grados 2 y 3 debe regularse con una variación de  $\pm 1^\circ\text{C}$ . sobre la temperatura prescrita para la prueba. Tanto la probeta como la tenacilla de manipulación deben alcanzar previamente la temperatura de la prueba y la probeta debe llevarse rápidamente del recipiente enfriador al yunque del péndulo y romperse antes de transcurridos 5 segundos.

Pd-IV-13-5. Si el valor medio de las tres probetas es inferior al valor requerido en una cantidad que no exceda del 15% de dicho valor, se podrán sacar y probar otras tres probetas adicionales, sumar los resultados adicionales a los anteriores de forma que el valor medio así obtenido cumpla con los requisitos.

Pd-IV-13-6. Si el valor medio de las tres probetas es inferior al valor requerido en una cantidad superior al 15% de dicho valor, se podrán sacar y probar 6 probetas más, debiendo el valor



medio de éstas últimas cumplir con los requisitos.

Pd-IV-13-7. Los valores de la prueba de resiliencia de cada probeta deben ser razonablemente uniformes entre sí y para este fin no se tendrá en cuenta ningún juego de probetas Charpy quedando uno o más valores por debajo del 20% al valor requerido, el promedio del valor aceptado. Debiéndose volver a preparar y romper en su lugar un nuevo juego de probetas.

Pd-IV-13-8. Para cualquier tipo de electrodos, los requisitos no difieren de los antes mencionados, salvo previo acuerdo entre la gerencia de ventas y el comprador.

#### V. PRUEBAS DE SOLDADURA A TOPE

Pt-V-14. Para cada posición (sobre suelo, horizontal, vertical horizontal, vertical y sobre techo), a partir del electrodo fabricado se prepararán 2 conjuntos tal y como se muestra en la figura Pf-V-4, excepto cuando el electrodo satisfaga los requisitos para las posiciones sobre suelo y vertical, se considerará que también cumplen con los requisitos para la posición horizontal-vertical.

Pt-V015-1. Los conjuntos de prueba se harán soldando dos chapas de 15 a 20 mm de espesor y anchuras respectivas no menores-

de 100 mm y de una longitud suficiente para poder sacar los juegos de probetas prescritos en cuanto a número y tamaño. Los bordes de las chapas han de estar achaflanados, formando una junta entre ellos en forma de "V" sencilla y una separación de raíz de 2 o 3 mm.

Pt-V-15-2. Si el electrodo debe probarse solamente en la posición de sobresuelo, se preparará en esta posición un conjunto de prueba adicional.

Pt-V-16-1. Para los conjuntos de prueba se seguirá uno de los siguientes procesos de soldadura.

Pt-V-16-2. Sobresuelo. El primer cordón se hará con electrodos de 4 mm de diámetro, los restantes cordones exceptuando las dos últimas capas, con electrodos de 5 mm o más, según la práctica normal de soldar con electrodos manuales. Los cordones de las dos últimas capas se hará con cordones de un electrodo de 8 mm de diámetro o con el de mayor diámetro que se esté produciendo si éste es menor a 8 mm. En caso de ser un solo diámetro de electrodo el que se esté produciendo, se efectuará la prueba con éste únicamente.

Pt-V-16-3. En caso de requerirse una segunda prueba esta se efectuará como sigue: primer cordón con un electrodo de 4 mm, el segundo cordón con un electrodo de 5 o 6 mm y el resto de

los cordones con electrodos de 8 mm, o con el de mayor diametro que se esté produciendo si este es menor a 8 mm.

Pt-V-16-4. Horizontal-vertical. El primer cordón con electrodos de 4 o 5 mm de diámetro, los restantes con electrodos de 5 mm. En caso de ser un solo diámetro de electrodo el que se esté produciendo, se efectuará la prueba con éste únicamente.

Pt-V-16-5. Vertical sobre techo. El primer cordón con un electrodo de 3 mm de diámetro, el resto de los cordones con electrodos de 4 mm o posiblemente de 5 mm, si éste es el diámetro recomendado por la gerencia técnica para las posiciones en cuestión.

Pt-V-16-6. Si el electrodo que se está probando está fabricado especialmente para soldar en posición vertical y en dirección hacia abajo, hay que adoptar esta técnica para la preparación de los topes de los conjuntos, utilizando un electrodo con el diámetro que recomienda la gerencia técnica.

Pt-V-16-7. En todos los casos los cordones de cierre de estanqueidad se efectuarán con electrodos de 4 mm de diámetro en la posición de soldadura adecuada para cada probeta, después de resanar el cordón de la raíz hasta que aparezca limpio. Para electrodos apropiados unicamente para soldadura de sobresuelo, los conjuntos de prueba pueden girarse para efectuar el cordón de cierre estanco.

Pt-V-16-8. Los topes deben soldarse empleando la práctica normal de soldar y dejando enfriar al aire en calma el conjunto en tre cada cordón, hasta que la superficie del depósito metálico- en el centro de la costura alcance una temperatura de 250°C, me didos con un pirómetro de termopar.

Pt-V-16-9. Después de unidos los conjuntos no se someterán a - tratamiento térmico alguno y se recomienda que los conjuntos - soldados se radiografíen para asegurarse antes de las pruebas - que la unión no presenta defectos.

Pt-V-17. Cada conjunto se cortará como se indica en la figura- Pf-V04 para formar una probeta de tracción, una de plegado de - cara, una de plegado sobre raíz, tres probetas de Charpy que se requieren para los conjuntos soldados sobre suelo y vertical.

Pt-V-18. De cada conjunto se tomarán muestras del metal deposi- tado para efectuar el análisis químico correspondiente, cuidan- do que se tome la rebaba de todos los cordones aplicados para - la unión. En caso de no aprobar los análisis la primera mues- tra, se procederá como se indica en Pd-II-08-3.

## VI. PRUEBAS DE TENSION

Pt-VI-19. Para la preparación de las probetas de tracción se - maquinarán según el esquema de la figura Pf-VI-5 .

Pt-VI-20-1. Las superficies superior e inferior de la soldadura se maquinarán, puliéndose a espejo la superficie de la chapa.

Pt-VI-20-2. La probeta de tracción de la soldadura a tope se tratará de la misma manera que la secuencia de trabajo explicada en Pd-III-10 a Pd-III-11.

Pt-VI-21. Para aceptar cualquier partida, los resultados de la prueba deben de estar dentro de los límites establecidos por las normas internacionales aceptadas para el control de calidad, o bien, por las establecidas por común acuerdo entre el comprador y la gerencia técnica, sin embargo, si se sobrepasa el límite superior hay que prestar especial atención a los resultados del análisis químico del depósito y a los resultados de la prueba de resiliencia y dureza, antes de la aprobación o rechazo final de la partida.

Pt-VI-22. Toda prueba de tracción de la soldadura a tope deberá efectuarse empleando el metal adecuado en la preparación del conjunto y de preferencia de composición similar a la del depósito, a excepción de las pruebas especiales que acuerden la gerencia técnica y el comprador.

## VII. PRUEBA DE PLEGADO

Pt-VII-23. Las probetas de plegado de la soldadura a tope, se-

rán preparadas según se muestra en la figura Pf-VII-6.

Pt-VII-24-1. Las superficies superior e inferior de la soldadura se maquinarán, puliéndose a espejo la superficie de la chapa.

Pt-VII-24-2. Las probetas deben resistir un doblado de  $120^\circ$  sobre un punzón con un diámetro de 3 veces el espesor de la probeta, sin sufrir fracturas.

Pt-VII-24-3. Deben probarse dos probetas de cada conjunto soldado de forma que en una sea la cara la sometida al esfuerzo y en otra la raíz.

Pt-VII-25. La prueba será considerada como satisfactoria si al final de la misma no aparece en las superficies exteriores ningún defecto o grieta.

### VIII. PRUEBA DE RESILIENCIA

Pt-VIII-26. De cada conjunto soldado sobre suelo y vertical se maquinarán tres probetas de resiliencia Charpy con entalle en "V".

Pt-VIII-27-1. Las probetas se prepararán de acuerdo a la figura PF-IV-3 y de las dimensiones indicadas para la probeta de impacto.

Pt-VIII-27-2. Las probetas se tomarán de la mitad del espesor de la chapa, con la entalla perpendicular a la superficie de la chapa.

Pt-VIII-28. El valor medio de las resiliencias obtenidas en las probetas correspondientes al conjunto soldado deben tratarse como se indica en Pd-IV-13.

#### IX. PRUEBA DE AGRIETAMIENTO DURANTE LA SOLIDIFICACION

Ps-IX-29. Se soldarán en escuadra dos chapas de 12 a 15 mm de espesor y de 120 x 80 mm. formando una unión en "T", cerciorándose se que la cara inferior de apoyo de la chapa vertical sea recta y se adapte perfectamente a la superficie plana de la chapa horizontal. Cualquier irregularidad debe ser corregida antes de soldar. Los puntos previos a la soldadura deben de efectuarse en los extremos y en el mismo plano de la superficie de contacto de ambas chapas. La chapa inferior debe inmovilizarse con tres refuerzos transversales que impiden su distorsión al efectuar la unión de las placas.

Ps-IX-30-1. El cordón debe hacerse en la posición de sobresuelo y en una sola pasada utilizando la máxima intensidad de corriente de la gama recomendada por el departamento técnico para el diámetro del electrodo a aprobar.

Ps-IX-30-2. El segundo cordón debe hacerse inmediatamente después de haber terminado el primer cordón y empezando por el extremo donde terminó éste. Ambos cordones han de hacerse a la misma velocidad y sin oscilar transversalmente el electrodo.

Ps-IX-30-3. Terminando de soldar se quitará la escoria y cuando los cordones se hayan enfriado completamente se examinarán con lupa y/o empleando líquidos penetrantes para comprobar que no existen grietas. Después de la observación visual se retira el primer cordón mediante maquinado y se fractura el segundo cordón doblando las dos chapas de forma que la raíz trabaje a tracción. Se examina la soldadura para comprobar que no ha habido fisuración en caliente. No debe de observarse grietas ni en el interior ni en el exterior del cordón, exceptuando las que se producen en el cráter.

## X. PRUEBAS ADICIONALES

Pa-X-31. Si no diesen resultados positivos cualquiera de las pruebas anteriormente descritas, se prepararán por duplicado probetas del mismo tipo y de ser posible empleando electrodos del mismo muestreo que deberán resultar en la prueba con datos satisfactorios.



Pa-X-32. En los casos que juzgue conveniente el jefe del laboratorio de pruebas físicas o análisis químicos se pueden exigir las pruebas o muestras adicionales que se consideren necesarias para la aprobación de la remisión en estudio.

Pa-X-33. En los casos que se establezcan pruebas adicionales - para cierta remisión, deberá haber un supervisor del departamento técnico de la empresa y un supervisor del comprador para la certificación de la prueba.

#### XI. CERTIFICADO DE CALIFICACION

Cc-XI.34. Cada partida inspeccionada llevará un certificado interno que indique la aceptación o rechazo del producto terminado o en proceso de elaboración.

3 probetas Charpy tomadas del espesor medio de la soldadura.

Entalla perpendicular a la superficie de la chapa

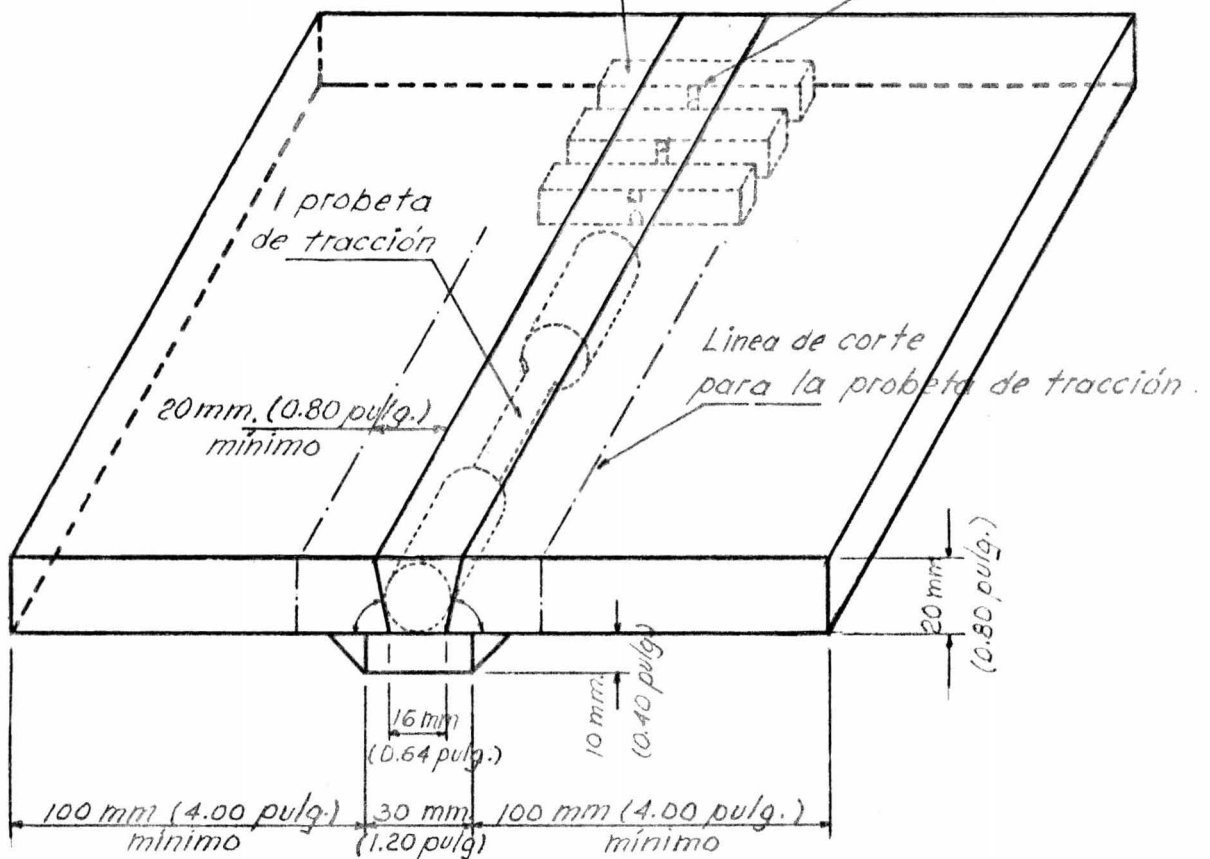
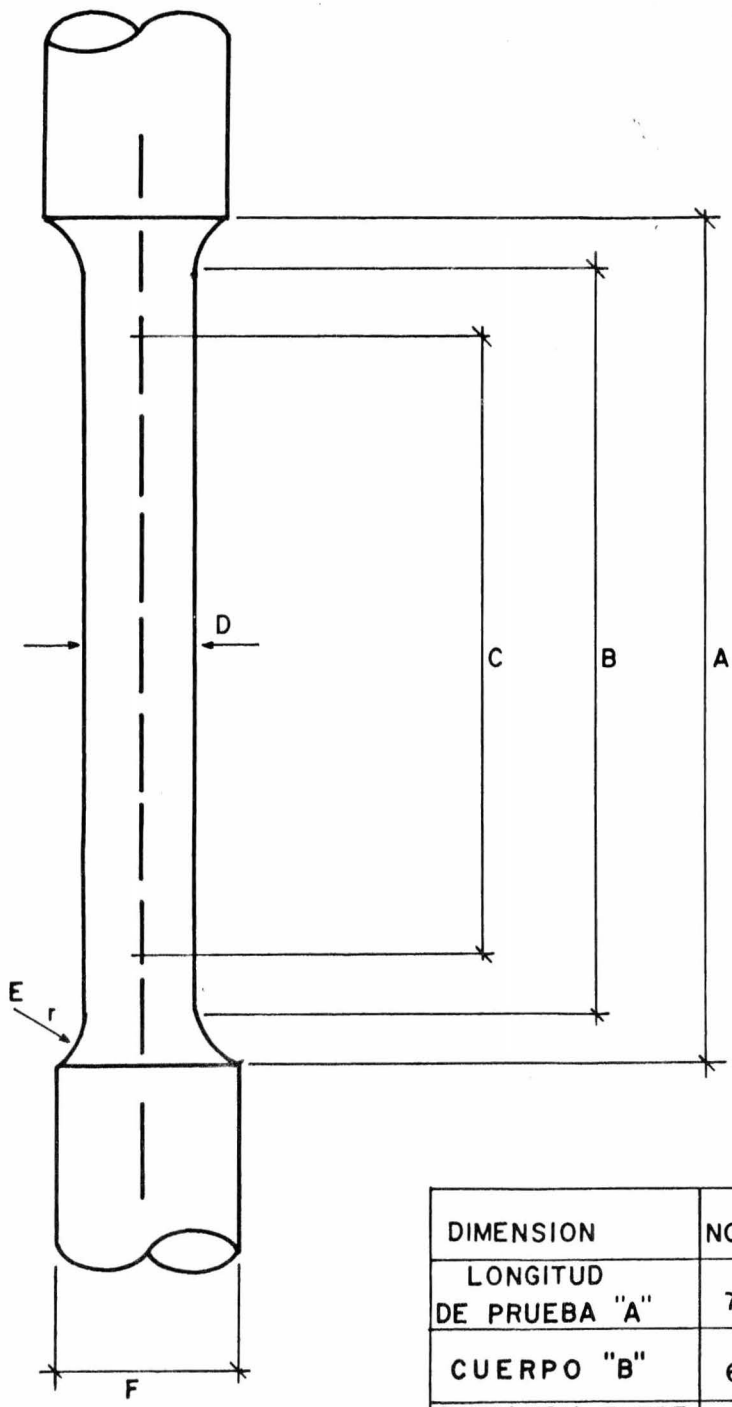


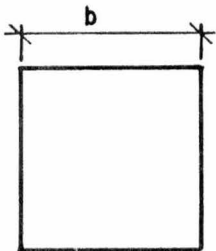
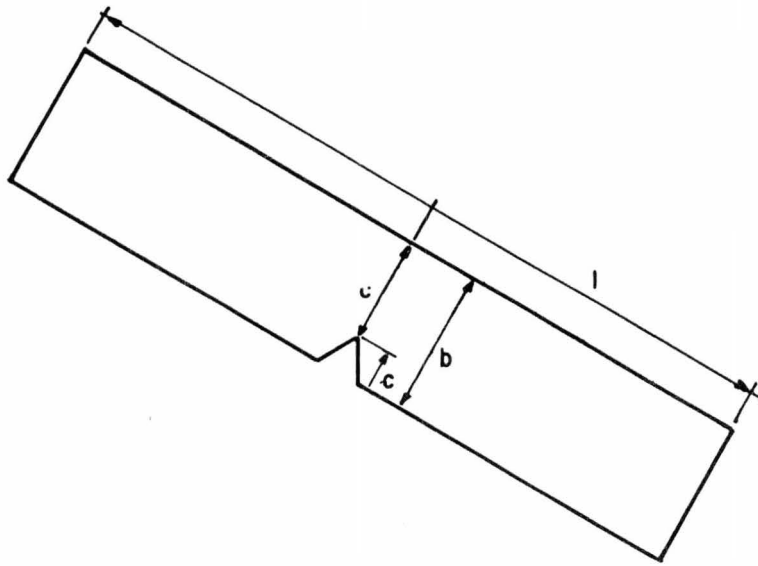
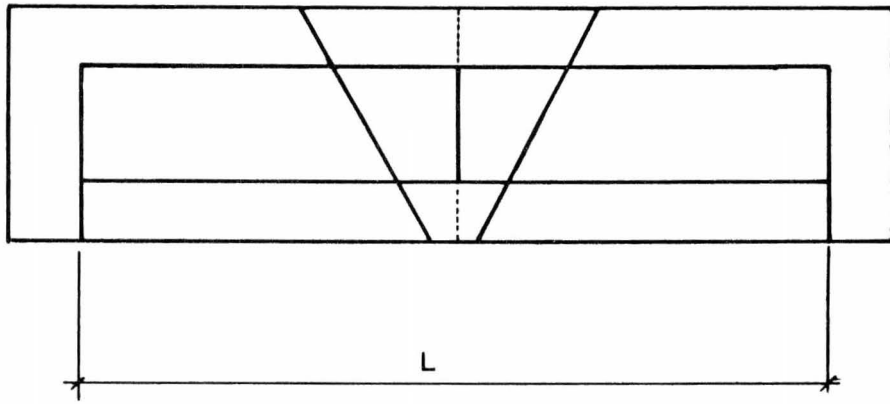
Fig. PF-II-1



DIMENSION	NOMINAL	TOLERAN.
LONGITUD DE PRUEBA "A"	70 mm	$\pm 2$ mm
CUERPO "B"	60 mm	$\pm 2$ mm
DISTANCIA ENTRE PUNTOS "C"	50 mm	$\pm 0.1$ mm
DIAMETRO MINIMO "D"	10 mm	$\pm 0.1$ mm
RADIO MINIMO "E"	5 mm	$\pm 0.1$ mm
DIAMETRO TOTAL "F"	SEGUN LA MORDAZA	

FIGURA PF.-III-2

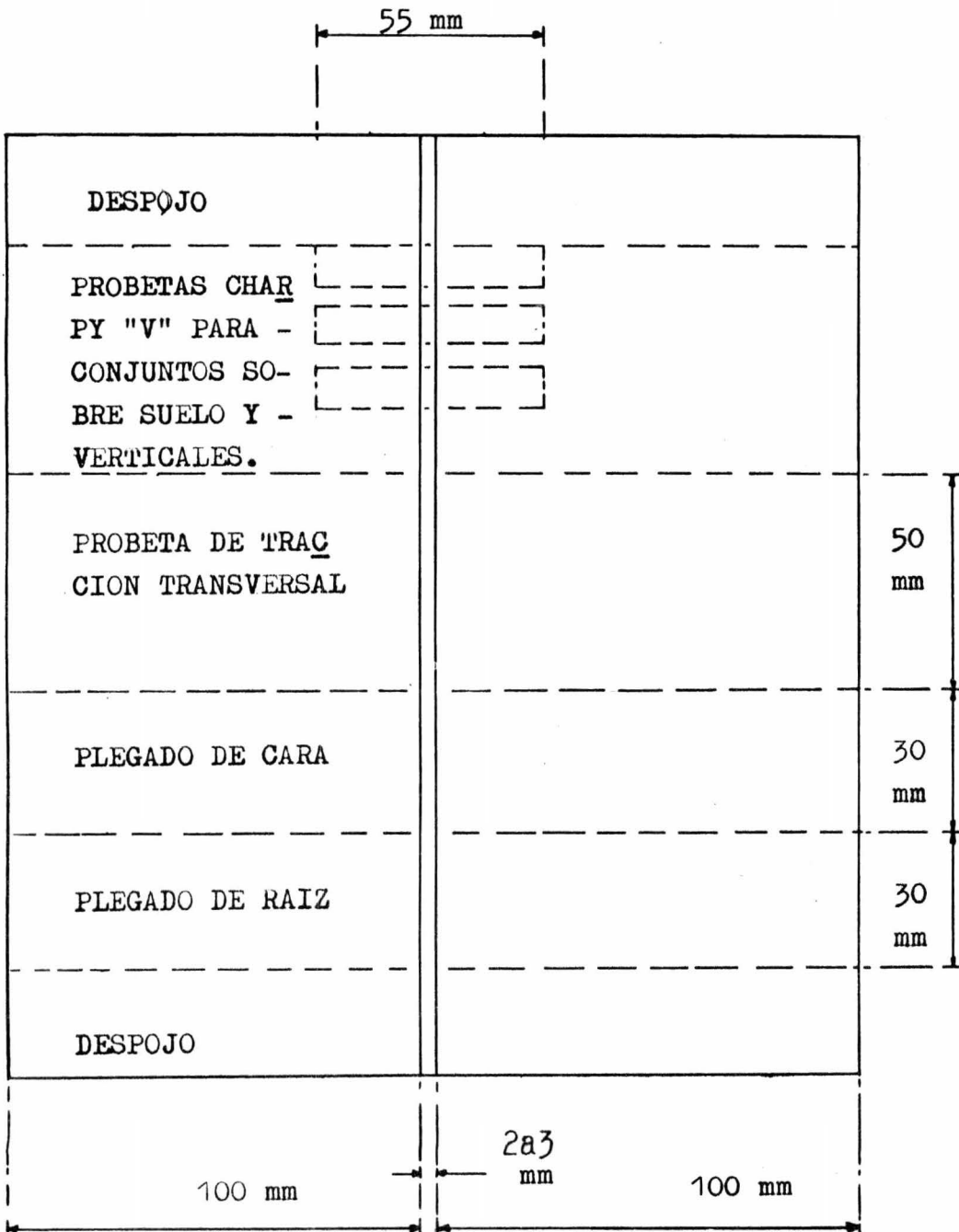
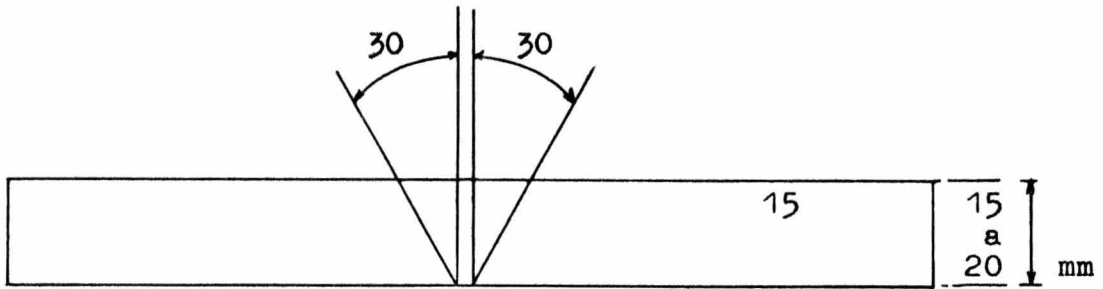
DEPOSITO DE  
SOLDADURA

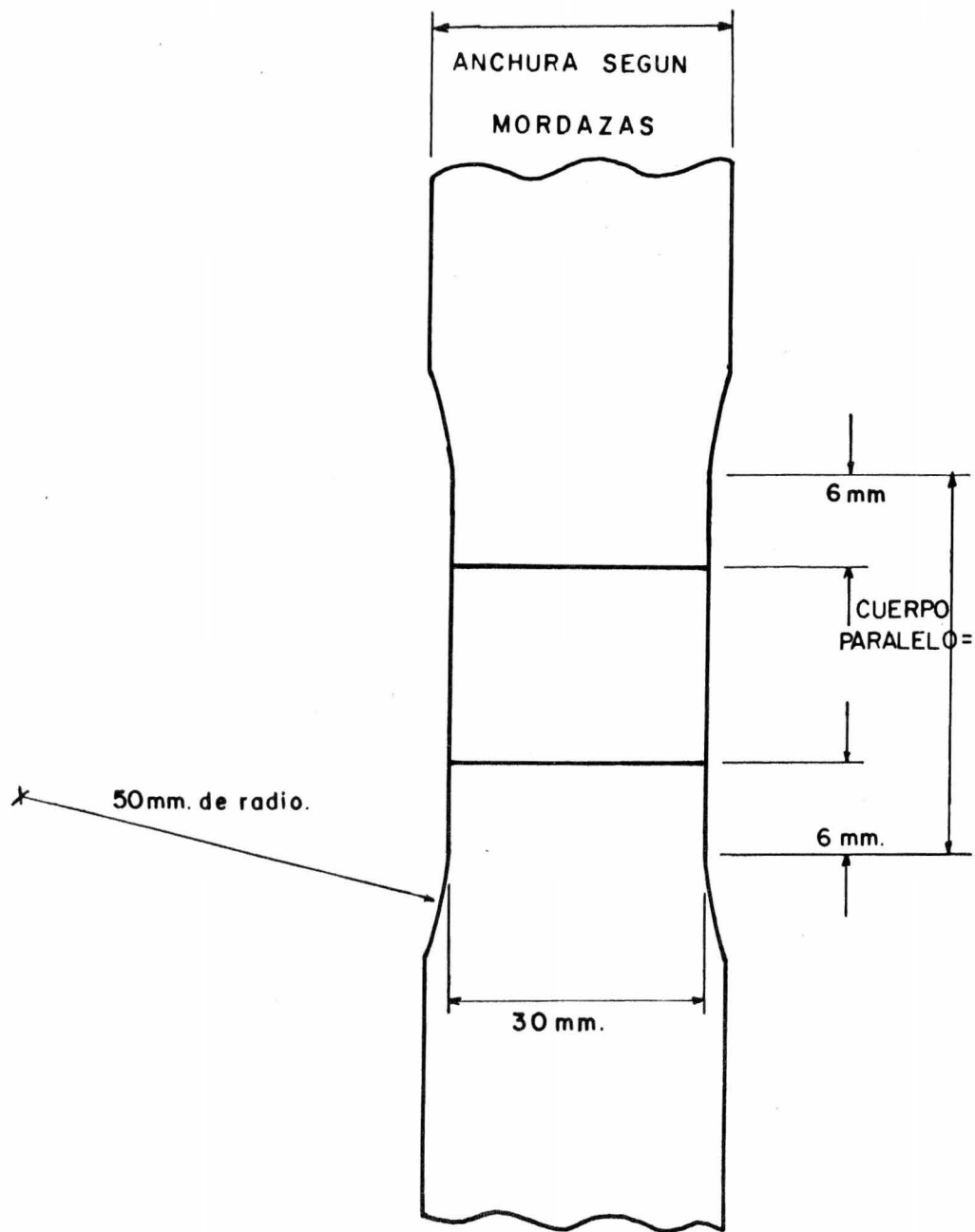


DIMENSION	NOMINAL	TOLERAN.
LARGO "L"	55 mm	$\pm 0.6$ mm
ANCHO Y GROSOR "b"	10 mm	0.11mm
ANGULO DE LA MUESCA.	45°	$\pm 2^\circ$
RADIO A LA RAIZ r	0.25mm	$\pm 0.025$ mm
DISTANCIA DEL CENTRO DE LA MUESCA AL FIN DE LA PZA. "l"	27.5mm	$\pm 0.42$ mm
PROFUNDIDAD DE LA MUESCA "c"	2 mm	$\pm 0.11$ mm

FIGURA PF-IV-3

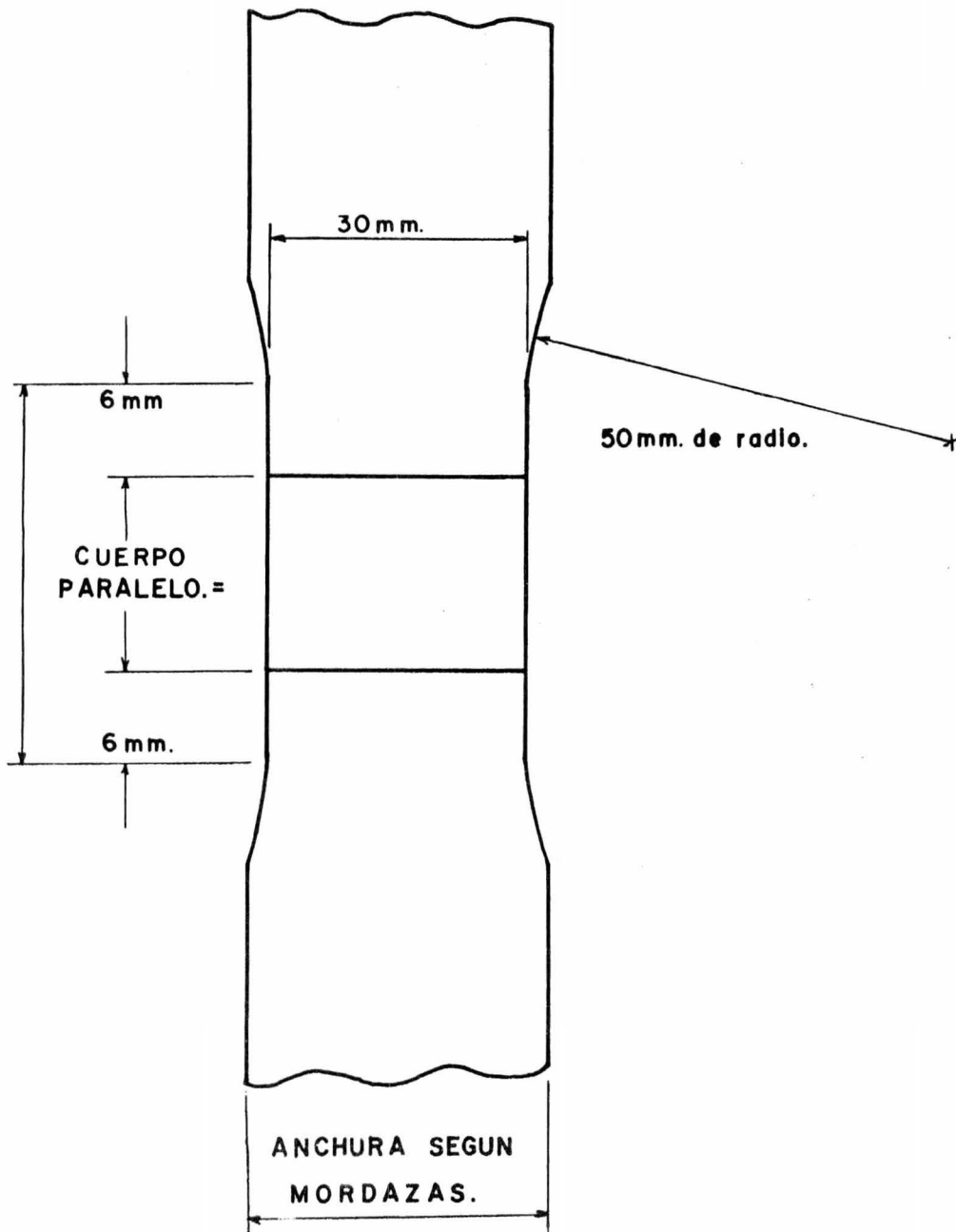
PF-V-4. CONJUNTO PARA SOLDADURA A TOPE.





ANCHURA DE LA SOLDADURA MAS 6mm A CADA LADO.

FIGURA PF-VI-5



ANCHURA DE LA SOLDADURA MAS 6mm A CADA LADO.

FIGURA PF-VII-6.

Alloy Steel Compositions(a)

SAE No.	C	Mn	P	Ladle chemical S	composition Si	limits, % Ni	Cr	Mo	V	Corresponding AISI No.
1330	0.28-0.33	1.60-1.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	....	....	1330
1335	0.33-0.38	1.60-1.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	....	....	1335
1340	0.38-0.43	1.60-1.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	....	....	1340
1345	0.43-0.48	1.60-1.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	....	....	1345
3135	0.33-0.38	0.60-0.80	0.040	0.040	0.20-0.35	1.10-1.40	0.55-0.75	....	....	3135
3140	0.38-0.43	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	1.10-1.40	0.55-0.75	....	....	3140
3310(b)	0.08-0.13	0.45-0.60	0.025	0.025	0.20-0.35	3.25-3.75	1.40-1.75	....	....	E3310
4012	0.09-0.14	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.15-0.25	....	4012
4023	0.20-0.25	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4023
4024	0.20-0.25	0.70-0.90	0.040	0.035-0.050	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4024
4027	0.25-0.30	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4027
4028	0.25-0.30	0.70-0.90	0.040	0.035-0.050	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4028
4032	0.30-0.35	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4032
4037	0.35-0.40	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4037
4042	0.40-0.45	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4042
4047	0.45-0.50	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4047
4063	0.60-0.67	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.20-0.30	....	4063
4118	0.18-0.23	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.40-0.60	0.08-0.15	....	4118
4130	0.28-0.33	0.40-0.60	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4130
4135	0.33-0.38	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4135
4137	0.35-0.40	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4137
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4140
4142	0.40-0.45	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4142
4145	0.43-0.48	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4145
4147	0.45-0.50	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4147
4150	0.48-0.53	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	0.15-0.25	....	4150
4320	0.17-0.22	0.45-0.65	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	0.40-0.60	0.20-0.30	....	4320
4337	0.35-0.40	0.60-0.80	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	....	4337
4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	....	4340
E4340(c)	0.38-0.43	0.65-0.85	0.025	0.025	0.20-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	....	E4340
4422	0.20-0.25	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.35-0.45	....	....
4427	0.24-0.29	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.35-0.45	....	....
4520	0.18-0.23	0.45-0.65	0.040	0.040	0.20-0.35	....	....	0.45-0.60	....	....
4615	0.13-0.18	0.45-0.65	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	....	0.20-0.30	....	4615
4617	0.15-0.20	0.45-0.65	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	....	0.20-0.30	....	4617
4620	0.17-0.22	0.45-0.65	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	....	0.20-0.30	....	4620
4621	0.18-0.23	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	....	0.20-0.30	....	4621
4718	0.16-0.21	0.70-0.90	....	....	0.20-0.35	0.90-1.20	0.35-0.55	0.30-0.40	....	....
4720	0.17-0.22	0.50-0.70	0.040	0.040	0.20-0.35	0.90-1.20	0.35-0.55	0.15-0.25	....	4720
4815	0.13-0.18	0.40-0.60	0.040	0.040	0.20-0.35	3.25-3.75	....	0.20-0.30	....	4815
4817	0.15-0.20	0.40-0.60	0.040	0.040	0.20-0.35	3.25-3.75	....	0.20-0.30	....	4817
4820	0.18-0.23	0.50-0.70	0.040	0.040	0.20-0.35	3.25-3.75	....	0.20-0.30	....	4820
5015	0.12-0.17	0.30-0.50	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.30-0.50	....	....	5015
50B40	0.38-0.43	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.40-0.60	....	....	50B40
50B44	0.43-0.48	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.40-0.60	....	....	50B44
5046	0.43-0.50	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.20-0.35	....	....	5046
50B46(d)	0.43-0.50	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.20-0.35	....	....	50B46
50B50(d)	0.48-0.53	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.40-0.60	....	....	50B50
50B60(d)	0.55-0.65	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.40-0.60	....	....	50B60
5115	0.13-0.18	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	....
5120	0.17-0.22	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	5120
5130	0.28-0.33	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	....	....	5130
5132	0.30-0.35	0.60-0.80	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.75-1.00	....	....	5132
5135	0.33-0.38	0.60-0.80	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.05	....	....	5135
5140	0.38-0.43	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	5140
5145	0.43-0.48	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	5145
5147	0.45-0.52	0.70-0.95	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.85-1.15	....	....	5147
5150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	5150
5155	0.50-0.60	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	5155
5160	0.55-0.65	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	5160
51B60(d)	0.55-0.65	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	....	51B60
50100(b)	0.95-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.20-0.35	....	0.40-0.60	....	....	E50100
51100(b)	0.95-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.20-0.35	....	0.90-1.15	....	....	E51100
52100(b)	0.95-1.10	0.25-0.45	0.025	0.025	0.20-0.35	....	1.30-1.60	....	....	E52100
6118	0.16-0.21	0.50-0.70	0.040	....	0.040	....	0.50-0.70	....	0.10-0.15	....
6120	0.17-0.22	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.70-0.90	....	0.10	6120
6150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	....	0.80-1.10	....	0.15	6150
8115	0.13-0.18	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.20-0.40	0.30-0.50	0.08-0.15	....	8115
81B45(d)	0.43-0.48	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.20-0.40	0.35-0.55	0.08-0.15	....	81B45
8615	0.13-0.18	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8615
8617	0.15-0.20	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8617
8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8620
8622	0.20-0.25	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8622
8625	0.23-0.28	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8625
8627	0.25-0.30	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8627
8630	0.28-0.33	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8630
8637	0.35-0.40	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8637
8640	0.38-0.43	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8640
8642	0.40-0.45	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8642
8645	0.43-0.48	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8645
86B45(d)	0.43-0.48	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	86B45
8650	0.48-0.53	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8650
8655	0.50-0.60	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8655
8660	0.55-0.65	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	....	8660
8720	0.18-0.23	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	....	8720
8740	0.38-0.43	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	....	8740
8742	0.40-0.45	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	....	8742
8822	0.20-0.25	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.30-0.40	....	8822

(a) Where the table shows no letter prefix to the AISI number, the steel is predominantly open-hearth. For standard variations in composition limits, see Table 4 of SAE Standard, Permissible Variations from Specified Chemical Ranges and Limits for Steels. (b) Electric-furnace steel. (c) Electric-furnace steel for aircraft use only. (d) Boron content is 0.0005% min.

(Table continued on next page)



## COMPOSITIONS OF STANDARD STEELS

### Alloy Steel Compositions (Concluded) (a)

SAE No.	Ladle chemical composition limits, %									Corresponding AISI No.
	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	
9254	0.50-0.60	0.50-0.80	0.040	0.040	1.20-1.60	....	0.50-0.80	....	....	....
9255	0.50-0.60	0.70-0.95	0.040	0.040	1.80-2.20	....	....	....	....	9255
9260	0.55-0.65	0.70-1.00	0.040	0.040	1.80-2.20	....	....	....	....	9260
9262	0.55-0.65	0.75-1.00	0.040	0.040	1.80-2.20	....	0.25-0.40	....	....	9262
9310(b)	0.08-0.13	0.45-0.65	0.025	0.025	0.20-0.35	3.00-3.50	1.00-1.40	0.08-0.15	....	E9310
94B15(d)	0.13-0.18	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	....	94B15
94B17(d)	0.15-0.20	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	....	94B17
94B30	0.28-0.33	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	....	94B30
94B40	0.38-0.43	0.75-1.00	0.040	0.040	0.20-0.35	0.30-0.60	0.30-0.50	0.08-0.15	....	94B40
9840	0.38-0.43	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.85-1.15	0.70-0.90	0.20-0.30	....	9840
9850	0.48-0.53	0.70-0.90	0.040	0.040	0.20-0.35	0.85-1.15	0.70-0.90	0.20-0.30	....	9850

(a) Where the table shows no letter prefix to the AISI number, the steel is predominantly open-hearth. For standard variations in composition limits, see Table 4 of SAE Standard, Permissible Variations from Specified Chemical Ranges and Limits for Steels. (b) Electric-furnace steel. (c) Electric-furnace steel for aircraft use only. (d) Boron content is 0.0005% min.

### Carbon Steel Compositions

Applicable Only to Semifinished Products for Forging, Hot Rolled and Cold Finished Bars, Wire Rods, and Seamless Tubing

Applicable Only to Structural Shapes, Plates, Strip, Sheets(b) and Welded Tubing

SAE No.	Ladle chemical composition limits(a), %				Corresponding AISI No.	SAE No.	Ladle chemical composition limits(a), %			
	C	Mn	P, max	S, max			C	Mn	P, max	S, max
1008	0.08 max	0.25-0.40	0.040	0.050	C1008	1008	0.08 max	0.25-0.45	0.040	0.050
1008	0.10 max	0.25-0.50	0.040	0.050	C1008	1008	0.10 max	0.25-0.50	0.040	0.050
1009	0.15 max	0.60 max	0.040	0.050	C1009	1009	0.15 max	0.60 max	0.040	0.050
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	C1010	1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050
1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	C1012	1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050
1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050	C1015	1015	0.12-0.19	0.30-0.60	0.040	0.050
1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050	C1016	1016	0.12-0.19	0.60-0.90	0.040	0.050
1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050	C1017	1017	0.14-0.21	0.30-0.60	0.040	0.050
1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050	C1018	1018	0.14-0.21	0.60-0.90	0.040	0.050
1019	0.15-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050	C1019	1019	0.14-0.21	0.70-1.00	0.040	0.050
1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050	C1020	1020	0.17-0.24	0.30-0.60	0.040	0.050
1021	0.18-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050	C1021	1021	0.17-0.24	0.60-0.90	0.040	0.050
1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050	C1022	1022	0.17-0.24	0.70-1.00	0.040	0.050
1023	0.20-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050	C1023	1023	0.19-0.26	0.30-0.60	0.040	0.050
1024	0.19-0.25	1.35-1.65	0.040	0.050	C1024	1024	0.18-0.26	1.30-1.65	0.040	0.050
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050	C1025	1025	0.21-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050
1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050	C1026	1026	0.21-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050
1027	0.22-0.29	1.20-1.50	0.040	0.050	C1027	1027	0.21-0.29	1.20-1.55	0.040	0.050
1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050	C1030	1030	0.27-0.35	0.60-0.90	0.040	0.050
1033	0.30-0.36	0.70-1.00	0.040	0.050	C1033	1033	0.29-0.37	0.70-1.00	0.040	0.050
1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	C1035	1035	0.31-0.39	0.60-0.90	0.040	0.050
1036	0.30-0.37	1.20-1.50	0.040	0.050	C1036	1036	0.29-0.38	1.20-1.55	0.040	0.050
1037	0.32-0.38	0.70-1.00	0.040	0.050	C1037	1037	0.31-0.39	0.70-1.00	0.040	0.050
1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050	C1038	1038	0.34-0.43	0.60-0.90	0.040	0.050
1039	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050	C1039	1039	0.36-0.45	0.70-1.00	0.040	0.050
1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050	C1040	1040	0.36-0.45	0.60-0.90	0.040	0.050
1041	0.36-0.44	1.35-1.65	0.040	0.050	C1041	1041	0.35-0.45	1.30-1.65	0.040	0.050
1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050	C1042	1042	0.39-0.48	0.60-0.90	0.040	0.050
1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050	C1043	1043	0.39-0.48	0.70-1.00	0.040	0.050
1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050	C1045	1045	0.42-0.51	0.60-0.90	0.040	0.050
1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050	C1046	1046	0.42-0.51	0.70-1.00	0.040	0.050
1048	0.44-0.52	1.10-1.40	0.040	0.050	....	1048	0.43-0.53	1.05-1.40	0.040	0.050
1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050	C1049	1049	0.45-0.54	0.60-0.90	0.040	0.050
1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050	C1050	1050	0.47-0.56	0.60-0.90	0.040	0.050
1052	0.47-0.55	1.20-1.50	0.040	0.050	C1052	1052	0.46-0.56	1.20-1.55	0.040	0.050
1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050	C1055	1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.040	0.050	C1060	1060	0.54-0.66	0.60-0.90	0.040	0.050
1064	0.60-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050	C1064	1064	0.59-0.71	0.50-0.80	0.040	0.050
1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050	C1065	1065	0.59-0.71	0.60-0.90	0.040	0.050
1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.040	0.050	C1070	1070	0.64-0.76	0.60-0.90	0.040	0.050
1074	0.70-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050	C1074	1074	0.68-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
1078	0.72-0.85	0.30-0.60	0.040	0.050	C1078	1078	0.71-0.86	0.30-0.60	0.040	0.050
1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050	C1080	1080	0.74-0.89	0.60-0.90	0.040	0.050
1084	0.80-0.93	0.60-0.90	0.040	0.050	C1084	1084	0.79-0.94	0.60-0.90	0.040	0.050
1085	0.80-0.93	0.70-1.00	0.040	0.050	C1085	1085	0.79-0.94	0.70-1.00	0.040	0.050
1086	0.80-0.93	0.30-0.50	0.040	0.050	C1086	1086	0.79-0.94	0.30-0.50	0.040	0.050
1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050	C1090	1090	0.84-0.99	0.60-0.90	0.040	0.050
1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.040	0.050	C1095	1095	0.89-1.04	0.30-0.50	0.040	0.050

(a) Where silicon is required, the following limits and ranges are commonly used for basic open-hearth steel grades: for steel designations up to but excluding SAE 1015, 0.10% max; for SAE 1015 to SAE 1025, 0.10% max or ranges of 0.10 to 0.20% or 0.15 to 0.30%; for over SAE 1025, ranges of 0.10 to 0.20% or 0.15 to 0.30%. (b) Sheet steel surface requirements may be indicated by the suffix "E" for exposed parts and suffix "U" for unexposed parts.

### Free-Cutting Carbon Steel Compositions

SAE No.	Ladle chemical composition limits, %				Corresponding AISI No.	SAE No.	Ladle chemical composition limits(a), %				Corresponding AISI No.
	C	Mn	P (range or max)	S			C	Mn	P, max	S	
1111(b)	0.13 max	0.60-0.90	0.07-0.12	0.08-0.15	B1111(c), C1211	1120	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13	C1120
1112(b)	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.16-0.23	B1112(c), C1212	1126	0.23-0.29	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13	C1126
1113(b)	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.24-0.33	B1113(c), C1213	1132	0.27-0.34	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13	C1132
12L14(b,d)	0.15 max	0.80-1.20	0.04-0.09	0.25-0.35	C12L14	1137	0.32-0.39	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13	C1137
<b>Open-Hearth</b>											
1108	0.08-0.13	0.50-0.80	0.040	0.08-0.13	C1108	1138	0.34-0.40	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13	C1138
1109	0.08-0.13	0.60-0.90	0.040	0.08-0.13	C1109	1139	0.35-0.43	1.35-1.65	0.040	0.12-0.20	C1139
1115	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.08-0.13	C1115	1140	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13	C1140
1117	0.14-0.20	1.00-1.30	0.040	0.08-0.13	C1117	1141	0.37-0.45	1.35-1.65	0.040	0.08-0.13	C1141
1118	0.14-0.20	1.30-1.60	0.040	0.08-0.13	C1118	1144	0.40-0.48	1.35-1.65	0.040	0.24-0.33	C1144
1119	0.14-0.20	1.00-1.30	0.040	0.24-0.33	C1119	1145	0.42-0.49	0.70-1.00	0.040	0.04-0.07	C1145
						1146	0.42-0.49	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13	C1146
						1151	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.08-0.13	C1151

(a) When silicon is required, the following limits and ranges are commonly used for basic open-hearth or basic electric steel grades: for steels SAE 1108 and 1109, 0.10% max; for SAE 1115 and over, 0.10% max; 0.10 to 0.20%, or 0.15 to 0.30%. Silicon is not commonly specified for grades up to and excluding SAE 1115. (b) May be produced by the acid Bessemer, basic open-hearth, or basic electric steelmaking processes. (c) Acid Bessemer steels are not furnished with specified silicon content. Also, basic open-hearth and basic electric steel equivalents are customarily furnished without specified silicon content. (d) Lead, 0.15 to 0.35%.

## CONCLUSIONES

Por las aplicaciones que tiene la soldadura por arco eléctrico manual del tipo varilla-fundente, se requiere de una supervisión estricta de la producción así como del producto terminado.

La mejor solución para el problema de la supervisión de la calidad es la creación de una gerencia independiente que sea denominada "Gerencia de Control de Calidad".

La gerencia de control de calidad estará superditada directamente a la gerencia general con el fin de evitar inconvenientes con las decisiones si éstas son contrarias a las emitidas por la gerencia de producción, la gerencia de ventas o la gerencia técnica.

Para la toma de muestras en la producción se estudiará cuál es el plan más adecuado para el muestreo y se seleccionará y adecuará para ponerlo en práctica.

Por la premura en la información de los resultados para el producto intermedio, se recomienda que el análisis de aprobación se efectúe por medio de análisis instrumental y el de certificación por métodos de norma.

Para la aceptación de cualquier producto terminado es necesario que sea aprobado en las pruebas físicas y en los análisis químicos.

Los resultados obtenidos en las pruebas físicas y en los análisis químicos son enviados a la gerencia de producción como apoyo a la toma de decisiones en la aceptación o rechazo de un producto que se está elaborando, terminado o una materia prima, pero en ningún momento la gerencia de control de calidad puede ordenar la detención, aceptación o rechazo de un producto o materia prima, ya que lo anterior es sólo facultad y responsabilidad de la gerencia de producción, pero la gerencia de control de calidad puede negarse a emitir el certificado de calidad para el producto terminado o el boletín de aceptación para una materia prima, cuando no cumplen con los requisitos impuestos para su aceptación.

La inversión inicial para los laboratorios de supervisión de la calidad del producto y el de desarrollo, puede parecer elevada, pero actualmente el ganar y mantener un mercado es el objetivo primordial de toda empresa, por ser esto lo que permi-

te asegurar la existencia de la empresa. El mantener un mercado no se logra sólo con una gerencia de ventas eficaz sino con un prestigio de marca que garantice una calidad constante para asegurar la buena aceptación del producto en el mercado nacional e internacional.

El objetivo primordial del laboratorio de desarrollo es mejorar y mantener al día a la producción con el estudio de los cambios técnicos en la elaboración de los electrodos para soldadura.

Es del conocimiento de todos que un problema grave en México es la falta de seguridad en cuanto a la calidad de un producto, y el hecho de producir bien, con un alto nivel de calidad, con poco o ningún rechazo, permite mantener los costos de producción a un nivel razonable y por lo mismo dar precios más competitivos que aunados con una buena calidad permite que el cliente compre con la certeza de que los resultados que va a obtener son mejores que los de otros productos existentes en el mercado con un precio semejante al de nuestro producto.

En la breve exposición anterior se ha demostrado que la implantación de un buen control de calidad trae consigo beneficios a corto y a largo plazo y con ellos la inversión en la creación y mantenimiento de una gerencia de control de calidad se recupera en un tiempo razonablemente corto, tanto por las

utilidades obtenidas al vender un producto de costo menor en su fabricación, por la disminución del rechazo de producto terminado y el aumento en las ventas a nivel de mercado nacional. Y - el mantener un alto nivel de calidad puede permitir el inicio de la búsqueda de ventas a un mercado internacional que es una de las necesidades vitales de nuestro país actualmente.

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

1. AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS  
Standard Methods and definitions and me  
chanical testing of steel products.  
ASTM-A370-75  
Standard methods for chemical analysis  
of steel and iron.  
ASTM-E350-75.
2. AMERICAN WELDING SOCIETY  
WELDING HANDBOOK  
Ed. American Welding Soc. New York,  
1970.
3. AMERICAN WELDING SOCIETY  
WELDING ENCYCLOPEDIA  
Quinta edición,  
Ed. American Welding Soc.  
New York, 1968.
4. Hayden H.W., Moffatt W.G., Wulff J.,  
Ciencia de los Materiales, Tomo III,  
1a. edición.  
Ed. Wiley Limusa, S. A. México,  
1968.
5. Fries J.  
Análisis de Trazas, métodos comprobados  
E. Merck  
Ed. E. Merck, Darmstadt 1971.
6. Fries J.  
Compuestos orgánicos aplicados al análisis  
de compuestos inorgánicos  
E. Merck  
Ed. E. Merck Darmstadt 1970.
7. Fischer R.B., Peters D.G.  
Análisis químico cuantitativo, tercera ed.  
Ed. Editorial Interamericana, S.A.  
México, 1968.

8. Kolthoff I.M., Sandell E.B., Meehan E., Bruckenstein S.  
Quantitative Chemical analysis.  
Cuarta Edición,  
Ed. The McMillan Company, New York,  
1969.
9. Malishev A., Nicolaiev C.  
Tecnología de los metales  
Ed. MIR, Moscú, 1970.
10. Nadler K.H.  
Bases de la soldadura eléctrica,  
Ed. Sociedad Metalúrgica Mexicana,  
México, 1968.
11. Sociedad Americana de Metalurgia  
Manual de los Metales  
Ed. American Soc. of Metals, Ohio,  
1967.
12. Sociedad Mexicana de Control de Calidad,  
Planeación de Laboratorios,  
Ed. Soc. Mexicana de Control de Calidad,  
México, 1971.
13. Othmer D., Kirk R.E.  
Enciclopedia de Tecnología Química,  
Tomo Nueve,  
Ed. UTEHA, México, 1962.
14. Scott W.W.  
Standard Methods of Chemical Analysis  
5a. Edición  
Ed. Van Nostrand, New York,  
1939.
15. AMERICAN SOCIETY OF METALS ENGINEERING  
Metals Engineering Processes.  
1a. Edición  
Ed. Mc-Graw Hill Book Co.  
Toronto, Canada, 1958.
16. AMERICAN SOCIETY OF METALS ENGINEERING  
Metals Engineering Design, 1a. Ed.  
McGraw-Hill Book Co. Toronto, Canadá  
1958.



17. AMERICAN SOCIETY OF METALS ENGINEERING  
ASME Handbook, 2a. Ed.  
McGraw-Hill Book Co. Toronto, Canada,  
1959.
  
18. ANALYTICAL CHEMISTRY  
Laboratory Designement  
2274(80) August 1976.