

124
2y



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**EFFECTOS QUE CAUSAN LOS ELEMENTOS RESIDUALES
EN LAS PROPIEDADES Y EN LA CALIDAD DE LOS
ACEROS FABRICADOS EN MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

**ISAAC ARTURO VENANCIO PINEDA
RODOLFO JAVIER GUZMAN HERNANDEZ**

Director de Tesis:
ING. VICENTE NACHER TODO

MEXICO, D. F.

1987



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 está 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.

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO II

LA CHATARRA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA MEXICANA

Clasificación de chatarra según tipo de producción

Preparación de chatarra

Chatarras aleadas

Normalización de chatarra

CAPITULO III

ENSAYOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS

Objetivo y clasificación de ensayos

Propiedades mecánicas

Ensayo de tracción

Ensayo de dureza

Determinación de elementos químicos de los
materiales por espectrometría

CAPITULO IV

TIPOS DE ELEMENTOS RESIDUALES, SUS ORIGENES Y EFECTOS

EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS

Generalidades

Clasificación de elementos residuales

Orígenes de los elementos residuales

Elementos residuales más comunes en los aceros

Azufre

Fósforo

Cobre

Estaño

Cromo

Tungsteno

Molibdeno

Vanadio

Níquel

Cobalto

Arsénico

Titanio

Boro

Plomo

Antimonio

Circonio

Selenio

Niobio

Aluminio

CAPITULO V

MUESTRAS DE ACEROS FABRICADOS EN MEXICO

Tipo: 32988

Tipo: 1

Tipo: 2

Tipo: 3

Tipo: acero inoxidable

Tipo: 23477

Tipo: 32977

Tipo: 23486

CAPITULO VI

ANALISIS DE MUESTRAS DE ACEROS FABRICADOS EN MEXICO

Tipo: 32988

Tipo: 1

Tipo: 2

Tipo: 3

Tipo: acero inoxidable

Tipo: 23477

Tipo: 23977

Tipo: 23486

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I

INTRODUCCION

Debido a la crisis económica por la que estamos atravesando, no tan sólo a nivel nacional sino que a nivel internacional, debemos realmente de tomar conciencia que en México se debe de ahondar en conocimientos de métodos y técnicas, mediante el estudio de los avances logrados por los países más desarrollados, pero sin descuidar iniciativas propias. Todo esto resultaría infructuoso si no se posee una correcta planeación que se encuentre fundamentada en una sólida organización.

Tal vez la presente crisis nos brinde la posibilidad de realizar una acción positiva, si nos decidimos a trabajar en equipo, buscando y aceptando la colaboración de empresas, organismos estatales, centros de enseñanza, profesionales destacados y especialistas reconocidos, lo cual nos puede llevar al aprovechamiento de lo que existe, quizás incompleto, pero que nos puede proporcionar una base de partida hacia la evolución y perfeccionamiento, a lo que nos debemos obligar.

Dadas las actuales circunstancias que confronta México en su desarrollo industrial y económico debemos pensar que una de las bases de este desarrollo se encuentra en la industria siderometalúrgica, primordialmente en la obten-

ción de acero, ya que es un material de uso general. Por ende la industria del acero experimenta gran demanda día a día, no obstante, se debe de exigir que los aceros cumplan con una calidad adecuada al uso que va a ser destinado, para lo cual deberá de cumplir con especificaciones bien estrictas.

Ante la dificultad de poder importar aceros de calidad requerida no les queda más remedio a los consumidores que exigir a los fabricantes de acero del país que revisen con atención sus actuales métodos de producción y estudiar a fondo las técnicas adecuadas para ponerse al día.

Según datos proporcionados por el V Congreso Latino Americano de Control de Calidad las pérdidas anuales, a las empresas del país, por desperdicios, rechazos y horas hombre, como consecuencia de la baja calidad de los productos siderúrgicos, era de aproximadamente 120 mil millones de pesos. Lo cual hace imperativo que las empresas traten de reducir costos, mejorar la calidad y de ésta manera asegurar el suministro nacional y la exportación con cierta confianza en un futuro. Si las empresas aplican controles totales de calidad, sin lugar a duda, se reducirán costos por desperdicios y rechazos. Si vinculamos la normativa, normalización y el debido control basado en la investigación científica y tecnológica, se podrá avanzar debidamente también en el campo económico.

En la actualidad una frase que desgraciadamente con mayor frecuencia se escucha es la de "contaminación", este fenómeno también se presenta en la fabricación de los aceros, por unas deficientes o incorrecta aplicación de normas de controles de producción e inspección, esto redundando en los materiales básicos y de proceso trayendo como consecuencia un deterioro del producto.

En el acero se presenta una gran variedad de formas de contaminación. Al pretender profundizar en una de ellas se concluye que es consecuencia de los elementos residuales, pero ¿qué son los elementos residuales? ... obviamente aquellos elementos contenidos en los aceros, que no han sido añadidos intencionalmente y que pueden influir sobre las características del acero.

La necesidad de mejorar la calidad de los aceros nos obliga a tener muy presente la normalización de todos los materiales que intervienen en los procesos, así como a aplicar la práctica más adecuada para tratar de obtener la calidad idónea al empleo que se destina.

Al lograr buenas calidades de aceros, se beneficia a los productos que se fabrican en el país, tanto para el consumo interno como con miras a la exportación.

Con frecuencia se ha utilizado la palabra "calidad". Debemos entender por calidad de un acero su valor de empleo y utilización. Ello señala que muchos de los elementos de aleación requeridos para ciertos usos y calidades de

de aceros, suelen ser perjudiciales para otros, aunque se encuentren presentes en cantidades mínimas.

Dos son las razones que obligan una atención preferente al problema de los elementos residuales en México. Por una parte, agrava la utilización creciente de chatarra de mala calidad, el problema de los elementos residuales cuando la producción se realiza en el horno eléctrico con alto porcentaje de chatarra o con 100% de carga fría, en la mayoría de los casos. Por la otra parte, la exigencia de los usuarios que cotidianamente requieren una mejor calidad de los aceros necesarios para abastecer el crecimiento industrial del país, virtud a un más avanzado conocimiento de las especificaciones normativas exigidas a los aceros para cada empleo determinado.

CAPITULO II
LA CHATARRA EN LA INDUSTRIA
SIDERURGICA MEXICANA

La industria siderúrgica nació en México al fundarse la compañía de Hierro y Acero de Monterrey, S.A., y posteriormente La Consolidada, S.A. En realidad el desarrollo ocurrió a principios de los cuarentas.

La gran demanda de productos de acero que hubo en México en esa época, como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, llevó a la instalación de un buen número de hornos eléctricos, en los que se utilizó como materia prima la chatarra.

Dadas las características del desarrollo industrial de México en esa época, la recuperación de chatarra doméstica era muy reducida y por lo tanto hubo necesidad de importar la mayor parte de la chatarra necesaria para la operación de los hornos eléctricos.

Posteriormente, y después de una serie de investigaciones, Hojalata y Lámina, S.A., logró producir industrialmente hierro esponja. Después le siguió Tubos de Acero de México, S.A., lográndose reducir con ello el consumo de chatarra.

México, sin embargo, por el motivo ya expresado de falta de generación propia de chatarra, se ve en la necesidad de importar cantidades de relativa importancia, ello representa un problema que necesita solucionarse en el futuro, tal vez

II.2.

con la sustitución de dicha chatarra por hierro esponja o algún otro procedimiento semejante.

La producción de acero en México se lleva a cabo en lo que toca a chatarra, de tres maneras diferentes:

1.1 Las plantas integradas utilizan fundamentalmente, el arrabio que producen en sus altos hornos y que generalmente completan con la chatarra de retorno o generada de sus procesos de fabricación. Este grupo, salvo ocasionalmente, no es consumidor importante de chatarra del mercado nacional o de importación.

1.2 Las plantas integradas y semi-integradas que producen acero en hornos eléctricos, utilizan de manera preponderante arrabio esponja y chatarra de retorno, generada de sus procesos de fabricación y en un bajo porcentaje, chatarra ya sea del mercado nacional o de importación. Prácticamente el porcentaje de chatarra que consume este grupo del mercado nacional o de importación, es bajo.

1.3 Las plantas semi-integradas que producen acero en horno eléctrico, utilizan de manera preponderante chatarra ya sea del mercado nacional o de importación.

A continuación se muestra una tabla en la cual se indica el consumo de chatarra en México para los últimos años y su procedencia del mercado nacional, importada o generada en

II.3.

la propia planta.

2.1 Chatarra de importación. Como se observan de las cifras indicadas en la tabla, se importan cantidades considerables de chatarra, esto es debido, principalmente, a que el ciclo de recuperación en el propio país es bastante largo, y en consecuencia no existe una generación suficiente.

2.2 Chatarra generada en planta. Es conveniente hacer notar que en la columna de la chatarra generada en planta, se incluye la resultante de todos los procesos de operación, es decir, desde la producción de arrabio hasta la laminación y terminación del producto.

En los últimos años la escasez de chatarra en el mercado internacional, así como los aumentos de precios de la misma, han obligado a los productores de acero a aprovechar exhaustivamente la chatarra que estaban generando y aquella de que disponían en sus patios, obtenida anteriormente.

Como ejemplos de chatarra de retorno o generada pueden citarse las puntas y colas de los tochos y palanquillas de los productos semiterminados y el hierro y el acero que, mezclados en la escoria se recupera mediante trituradoras y concentradores magnéticos que separan el material metálico, chatarra, del no metálico, elementos residuales y/o ganga, fondos de ollas de vaciado y los productos que no cumplen con la calidad especificada.

II.3.

la propia planta.

2.1 Chatarra de importación. Como se observan de las cifras indicadas en la tabla, se importan cantidades considerables de chatarra, esto es debido, principalmente, a que el ciclo de recuperación en el propio país es bastante largo, y en consecuencia no existe una generación suficiente.

2.2 Chatarra generada en planta. Es conveniente hacer notar que en la columna de la chatarra generada en planta, se incluye la resultante de todos los procesos de operación, es decir, desde la producción de arrabio hasta la laminación y terminación del producto.

En los últimos años la escasez de chatarra en el mercado internacional, así como los aumentos de precios de la misma, han obligado a los productores de acero a aprovechar exhaustivamente la chatarra que estaban generando y aquella de que disponían en sus patios, obtenida anteriormente.

Como ejemplos de chatarra de retorno o generada pueden citarse las puntas y colas de los tochos y palanquillas de los productos semiterminados y el hierro y el acero que, mezclados en la escoria se recupera mediante trituradoras y concentradores magnéticos que separan el material metálico, chatarra, del no metálico, elementos residuales y/o ganga, fondos de ollas de vaciado y los productos que no cumplen con la calidad especificada.

2.3 Chatarra del mercado nacional. Puede decirse en términos generales, que esta chatarra proviene de dos fuentes: la chatarra de proceso (nueva) y la chatarra capital (vieja).

2.3.1 Chatarra de proceso (nueva). Es la que representa aquella porción del acero que como producto terminado se desperdicia cuando se transforma en productos de consumo final, por ejemplo, la producción de estufas que utilizan acero como materia prima y que generan un desperdicio (chatarra de proceso o nueva).

La cantidad de esta chatarra lógicamente se produce en función del nivel de consumo, de la economía y de la participación de los diferentes sectores como consumidores de acero terminado. La proporción de esta chatarra en términos de producto terminado, tiene los siguientes factores, estimados por tipo de proceso.

TABLA II

FACTOR DE GENERACION DE CHATARRA DE PROCESO

	en términos del prod. terminado
Industria de la construcción -----	3
Equipos para la industria petrolera -----	3
Equipo ferroviario -----	7

Artículos para uso doméstico -----	15
Construcción de implementos agrícolas -----	19
Construcción de barcos -----	23
Fabricación de equipo industrial y herramientas	26
Fabricación de maquinaria pesada -----	26
Industria automotriz -----	31

2.3.2 Chatarra capital (chatarra vieja). Es la que representa el sobrante o desecho recuperado del hierro y acero usado en períodos o épocas pasadas. La cantidad de esta chatarra depende no solamente de la participación del acero consumido en el pasado (por los diferentes sectores de la economía) sino de los costos de recolección, preparación, transportación y sustitución. A continuación se ofrecen algunos ejemplos de la recuperación del acero como chatarra capital y del ciclo de vida promedio de los mismos en la tabla III.

TABLA III.

CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS DE ACERO

	de recuperación potencial	promedio del ciclo de vida
Aviones -----	100	10
Equipos de perf.petrolera -----	100	11
Artículos de uso doméstico -----	57	12

II.6.

Automóviles -----	100 -----	13 -----
Implementos agrícolas -----	99 -----	15 -----
Equipos indust. y herr. ----	94 -----	16 -----
Maquinaria pesada -----	75 -----	18 -----
Equipo ferroviario -----	86 -----	27 -----
Barcos -----	100 -----	33 -----

Las fundidoras. En el segundo de los casos, paca quemada, es el propio recolector el que se encarga de quemar el bote para quitarle el estaño y la pintura, entregándolo después a los empacadores para ser prensado. En términos generales, la paca quemada es de calidad superior por ser más limpia.

La paca desestañada contiene generalmente restos de los productos químicos empleados en el citado proceso y una gran cantidad de humedad.

3.3 Chatarra miscelánea. La chatarra proveniente de artefactos metálicos, pedacería de alambre, viguetas, varillas, juguetes metálicos, bicicletas, y en general pedacería de metales de diferentes tipos es recogida de los lugares donde puede encontrarse por personas que posteriormente la entregan en los establecimientos de chatarra que a su vez la trasladan a las fundiciones.

3.4 Chatarra automotriz. En cuanto a la chatarra automotriz, ésta proviene en su mayor parte de las zonas fron-

terizas del norte del país, en donde, debido a la cercanía con los Estados Unidos de América, principal productor de automóviles y a la reducción de impuestos de importación de que gozan esas zonas, es más económica, factible y por lo tanto frecuente la reposición y desecho de automóviles, causando que en esa zona existan establecimientos dedicados al desmantelamiento de unidades y fabricación de pacas de lámina quemada de carrocería.

3.5 Chatarra ferroviaria. Esta proviene naturalmente de la industria ferroviaria, que periódicamente da de baja equipos e instalaciones que por sus condiciones al uso dejan de ser útiles en el servicio. Estos equipos se concentran en el patio de desmantelamiento de los propios ferrocarriles con el propósito de recuperar todas aquellas partes útiles para la reparación y mantenimiento de las unidades en operación, el sobrante, considerado como chatarra es vendido directamente a las empresas fundidoras y transportado por los mismos ferrocarriles hasta la planta del consumidor. Esta chatarra está constituida principalmente por acero estructural, placa, ruedas de acero, ruedas de hierro colado, clavos de vía, riel, planchuelas, etc., material todo éste muy apreciado en el mercado, con el único inconveniente para algunos fundidores que se entrega sin preparación, esto es, más del 60% se compone de pedazos hasta de cuatro metros de largo que requiere corte y preparación a fin de obtener una carga compacta.

3.6 Chatarra petrolera. La chatarra de campo y barcos petroleros es proveída por Petróleos Mexicanos, organismo oficial en México que controla el petróleo, así como las instalaciones y equipo necesario para su explotación. Frecuentemente quedan fuera de servicio instalaciones en sus campos petroleros que son puestos a la venta para su recuperación mediante contratos, en los cuales el comprador se compromete a recoger el material en el lugar que se encuentra instalado. Desmantelar, cortar, cargar, pesar, transportar, así como clasificar la chatarra ferrosa de la no ferrosa y aquellas partes que aún pueden utilizarse como tales, son actividades que tiene que asumir el comprador y dado que estas operaciones requieren de pagos y gastos considerables antes de empezar a recibir el material, no pueden ser soportadas en la mayoría de los casos por los establecimientos chatarreros, y la operación tiene que hacerla directamente con la empresa fundidora.

Situación similar es la que se presenta en el caso de los barcos petroleros, sólo que con algunos problemas adicionales ocasionados por la naturaleza del trabajo y el lugar en que éste debe realizarse; por otro lado, la diversidad de materiales que contiene un barco, como son muebles, maquinaria, combustible, aceite, madera, etc., obligan a entrar en actividades adicionales a la del manejo de chatarra.

Otras fuentes de chatarra.

Algunas otras fuentes productoras de chatarra en México son, los ingenios azucareros y algunos organismos decentralizados que ocasionalmente dan de baja instalaciones y equipo fuera de servicio, pero éste, desde luego, no llega a constituir un volumen considerable ni una producción constante.

En cuanto a precios, puede decirse que tradicionalmente el mercado de chatarra en México se ha regido por existencia de una menor o mayor demanda y en cierta medida también por la situación que prevalece en los Estados Unidos, que es la región suministradora principal de la chatarra que México importa.

En la última década los precios de la chatarra se han elevado en forma muy importante con la consiguiente elevación de los costos de producción.

Esta irregularidad en los precios de la materia prima es un factor que obliga a la solución integral del problema, es decir, la reducción del empleo de chatarra en los hornos eléctricos, sustituyéndola por hierro esponja u otro material similar.

Preparación de la chatarra.

4.1 Primera selección. Esta se lleva a cabo en los centros de recolección y permite recuperar metales no ferrosos y aleaciones valiosas, eliminando simultáneamente los residuales nocivos para el acero.

La selección tiene, además, como objeto separar por

tipo de chatarra y obtener así mejores precios al ofrecerla seleccionada a las acerías.

4.2 Empaquetado. Tiene como finalidad aumentar la densidad del material. Las dimensiones de los paquetes más utilizados son de 50 x 50 x 50 cm. Debido al alto costo de procesamiento, este tipo de preparación de chatarra, será reemplazado en un futuro por máquinas desmenuzadoras. El empaquetamiento es además visto con recelo por parte del acerrista, debido a que se presta a la adulteración de la calidad.

4.3 Cizallado. El cizallado tiene sobre el empaquetado la ventaja de que promueve una cierta limpieza de la chatarra y permite obtener un material de carga con una densidad (1 a 1.5 t/m³) con buena permeabilidad a los gases.

4.4 Corte con soplete. Es el más caro de todos los medios empleados en la preparación de la chatarra, y se utiliza sobre todo en desguace naval, ferroviario y de elementos estructurales.

4.5 Fragmentación. Es uno de los métodos más eficientes para la preparación de chatarra, utilizándose máquinas fragmentadoras de alta, media y baja potencia. Este material es indudablemente la materia prima ideal para los hornos (debido a su homogeneidad), en cuanto a combinación o no con los pellets pre-reducidos, hace posible la carga continua de los mismos. El principal campo de aplicación del procedimiento se refiere a aquellos tipos de chatarra afectados por

contaminantes y metales no ferrosos, o que se encuentran unidos a ellos, y en los cuales se requiere una desintegración para lograr una separación subsiguiente en tres productos principales:

- a) chatarra de acero pura.
- b) metales no ferrosos.
- c) contaminantes.

Los métodos tradicionalmente empleados, de recorte y empaquetado, disminuyen solamente el tamaño de los trozos o el volumen del material introducido, sin modificar su composición.

La chatarra en el almacén de la acería.

A la recepción de la chatarra, se clasifica ésta, según composición química, densidad y grado de contaminación.

Además de los clásicos elementos contaminantes que son S, P, Sn, Cu, As, Sb, deben considerarse como contaminantes también los elementos de aleación cuando el análisis final del acero a producir no los contemple y que, convenientemente segregados, pueden representar cierta ganancia al cargarlos en coladas de aceros aleados.

Generalmente la chatarra aleada se subdivide en:

- Chatarra al Molibdeno
- Chatarra al Cromo
- Chatarra al Cromo-Molibdeno
- Chatarra al Níquel

- Chatarra al Níquel-Cromo
- Chatarra al Cromo-Níquel-Molibdeno

Se la obtiene de la recirculación interna en cada empresa, y de chatarra adquirida. En el primer caso, los retornos de proceso son convenientemente identificados, mientras que en el segundo caso, deberá el control de recepción, detectarlos.

Cabe agregar que además de la recuperación de elementos valiosos, se logrará frenar así la contaminación del acero.

La chatarra al carbono, se subdivide según el grado de contaminación, lo que permite especular con la calidad de la carga, lográndose de este modo ubicar los residuales dentro de ciertos rangos variables, y fijados con anterioridad, en concordancia con las exigencias del acero a fabricar.

El uso de chatarra en sus diferentes calidades, influye sobre diversos aspectos de la operación de una acerfa. Dicha influencia depende naturalmente de la proporción en que la misma integra la carga metálica de los hornos, de las especificaciones establecidas al producto final y de las características particulares imperantes en cada planta. La utilización de un elevado porcentaje de arrabio líquido en la carga de los hornos, la influencia de la chatarra sobre la calidad del producto final, el rendimiento metálico, la productividad y los costos, hacen necesario un análisis que permita evaluar su influencia, con el objeto de adoptar las medidas correcti-

vas pertinentes.

Los objetivos perseguidos a través de los métodos de selección, inspección y preparación de chatarra, son los siguientes:

- Dimensionado para obtener óptima densidad de carga.
- Evitar efectos nocivos a la solera de los hornos.
- Obtener la óptima velocidad de fusión.
- Obtener niveles adecuados en los análisis preliminares de S.
- Evitar efectos nocivos sobre la escorfa.
- Reducir al máximo los elementos residuales indeseables.
- Reducir costos.

Seleccionar chatarra implica, fijar normas para la adquisición de materiales aptos para el proceso de fabricación y clasificarlos.

C O P A N T

COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS

INFORME

Esquema 1° de norma

COPANT 2:6-023

CHATARRA DE ACERO Y DE FUNDICION DE HIERRO

Clasificaciones y condiciones generales

I ORGANISMO DE ESTUDIO

- COMITE C-2 : "Siderurgia".
- Subcomité COPANT Sc 2:6 "Arrabio, hierrosponja, feroaleaciones y fundición de hierro".
- S.T. Sc 2:6 : INDITECNOR, Chile.
- Miembros (P): ABNT, Brasil; COVENIN, Venezuela;
DGN, México; INDITECNOR, Chile;
IRAM, Argentina e ITINTEC, Perú.
- Miembro (O): INCONTEC, Colombia.

II ANTECEDENTES

- a) No hay antecedentes en ISO.
- b) Antecedentes pertenecientes a miembros de COPANT:
 - ABNT P-TB-70
 - DGN B-318-1968
 - IRAM 620.

Documento a ser tratado en la I Reunión Técnica

Copant Buenos Aires, Argentina.

6 al 9 de agosto de 1973.

c) Otros antecedentes:

- Norma IS: 2549-1963 de la India Standards Institution (SI).
- Resolución 28-54 de la Alta Autoridad de la Comunidad Europea del Carbón y el Acero (CECA) relativa a Clasificación de Chatarras.
- Especificaciones del Institute for Scrap Iron and Steel Inc. (ISIS), de los EE.UU. de Norteamérica (edición 1969).

CHATARRA 1/ DE ACERO Y DE FUNDICION DE HIERRO

Clasificaciones y Condiciones generales

1. OBJETIVO

1.1 Esta norma establece las definiciones, clasificaciones y condiciones generales de la chatarra de acero y de fundición de hierro.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACION

2.1 CHATARRA 1/. Es el material constituido, ya sea por desperdicios y/o desechos de acero o de fundición de hierro, provenientes de los procesos de fabricación o transformación, o por materiales de acero o de fundición de hierro en desuso.

1/ Sucata (Brasil); Scrap (EE.UU.).

2.2 CLASIFICACION POR COMPOSICION QUIMICA. La chatarra se clasifica según su composición química como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1
CLASIFICACION DE LA CHATARRA POR COMPOSICION QUIMICA

	No aleada (acero al carbono)	
		Baja aleación
Chatarra de acero	Aleada	
		Alta aleación
	No aleada	
Chatarra de fundición		Baja aleación
de hierro	Aleada	
		Alta aleación

2.2.1 Chatarra de acero.

2.2.1.1 Chatarra de acero no aleada. Es aquella formada por materiales de aceros al carbono.

2.2.1.2 Chatarra de acero de baja aleación. Es aquella cuyo contenido de elementos de aleación, en total no excede de 5%

2.2.1.3 Chatarra de acero de alta aleación. Es aquella cuyo contenido de elementos de aleación, en total, es mayor de 5%.

2.2.2 Chatarra de fundición de hierro.

2.2.2.1 Chatarra de fundición de hierro no aleada.

Es aquella cuya composición química está comprendida dentro de los límites siguientes:

C	Carbono total	2.50	a	4.00%
Mn	Manganeso	0.40	a	1.00%
Si	Silicio	1.00	a	3.00%
P	Fósforo	0.05	a	1.00%
S	Azufre	0.05	a	0.25%

2.2.2.2 Chatarra de fundición de hierro de baja aleación. Es aquella cuyo contenido de elementos de aleación, en total, no excede de 5%, además de los contenidos de elementos habituales indicados en 2.2.2.1.

2.2.2.3 Chatarra de fundición de hierro de alta aleación. Es aquella cuyo contenido de elementos de aleación, en total, es mayor de 5%, además de los contenidos de elementos habituales indicados en 2.2.2.1.

2.3 CLASIFICACION POR ORIGEN. La chatarra se clasifica según su origen, como sigue:

2.3.1 Chatarra interna ^{2/}. Es aquella que se produce en las propias plantas, durante los procesos de fabricación de arrabio y/o acero, fundición, laminación, forja, etc.

^{2/} También denominada "chatarra en circulación".

2.3.2 Chatarra de transformación industrial. Es aquella que se produce en las industrias de transformación de los productos siderúrgicos, constituida por recortes, virutas, piezas defectuosas y otros desperdicios y/o desechos.

2.3.3 Chatarra de recuperación 3/. Es aquella constituida por materiales en desuso.

2.4 CLASIFICACION POR USO. La chatarra se clasifica según el uso a que se destina, en:

2.4.1 Chatarra para refundición. Es aquella que se emplea para la fabricación de acero o de fundición de hierro mediante refundición.

2.4.2 Chatarra recuperable 4/. Es aquella que se emplea sin refundición, generalmente para relaminación o forja.

2.5 CLASIFICACION POR BULTOS DE ENTREGA. De acuerdo a la forma de bultos en la cual se entrega, la chatarra se clasifica en:

2.5.1 Chatarra 5/ en piezas individuales grandes. Es aquella que se entrega en piezas individuales de gran tamaño de dimensiones mayores de 1.50 x 0.50 x 0.50 m que deben ser cortadas o partidas para su utilización.

3/ También denominada "chatarra de recolección".

4/ También denominada "chatarra para relaminación".

5/ Sucata livre (Brasil).

2.5.2 Chatarra suelta grande ^{6/} Es aquella que se entrega a granel, con dimensiones individuales comprendidas entre 0.80 x 0.30 x 0.30 m y 1.50 x 0.50 x 0.50 m.

2.5.3 Chatarra suelta mediana. Es aquella que se entrega a granel con dimensiones individuales no mayores de 0.80 x 0.30 x 0.30 m.

2.5.4 Chatarra suelta menuda. Es aquella que se entrega a granel, pudiendo ser movida mediante pala.

2.5.5 Chatarra en fardos o atados. Es aquella que se entrega en bultos firmemente ligados con alambres o flejes.

2.5.6 Chatarra en paquetes ^{7/} prensados. Es aquella que se entrega en bultos compactos mediante prensado, y que no requiere ligaduras de alambres o flejes.

2.6 CLASIFICACION POR GRADO DE LIMPIEZA. De acuerdo al grado de limpieza la chatarra se clasifica en:

2.6.1 Chatarra limpia. Es aquella que no presenta impurezas como ser: materias orgánicas, recubrimientos metálicos, esmaltes, sustancias extrañas, arenas, etc. y cuya superficie sólo presenta una leve oxidación.

2.6.2 Chatarra regular. Es aquella que presenta un contenido limitado de algunas impurezas, como ser: materias orgánicas, recubrimientos de zinc, pinturas, etc. y/o cuya su-

^{6/} Sucata grande (Brasil).

^{7/} Pacas (México); Pacotes (Brasil).

Consumo de Chatarra

Consumo de Chatarra en México.

(TONELADAS)

Procedencia

Años	Nacional	Importación	Total*
1981	2'794,000	488,000	3'282,000
1982	2'678,000	345,000	3'023,000
1983	1'309,000	1'504,000	2'813,000
1984	1'371,000	1'879,000	3'250,000
1985	510,000	2'771,000	3'281,000

* Estimación elaborada por CANACERO, con datos proporcionados por las empresas.

(Se refiere a la Chatarra generada en planta)

perficie está oxidada.

2.6.3 Chatarra sucia. Es aquella que incluye diversas impurezas como materias orgánicas, recubrimientos metálicos, esmaltes, sustancias extrañas, arena, etc. y/o cuya su perficie está fuertemente oxidada.

2.7 TIPOS DE CHATARRA

2.7.1 A los efectos de esta norma, los tipos de chatarra son los indicados en las Tablas II, III y IV.

Tabla II

TIPOS DE CHATARRA DE ACERO PARA REFUNDICION

GRUPO	TIPO
A (Chatarra pesada, suelta y en fardos)	A-1
	A-2
	A-3
	A-4
	A-5
	A-6
	A-7
	A-8
	A-9
B (Chatarra liviana, suelta y en fardos)	B-1
	B-2
	B-3
C (Chatarra liviana, en paquetes prensados)	C-1
	C-2
	C-3
	C-4
	C-5
	C-6

II.22.

D	D-1
(Virutas)	D-2
	D-3
	D-4

Tabla III

TIPOS DE CHATARRA DE ACERO RECUPERABLE

(Para relaminación, forja, etc.)

GRUPO	TIPO
E	E-1
(Chatarra recuperable por	E-2
relaminación, forja, etc.)	E-3
	E-4

Tabla IV

TIPOS DE CHATARRA DE FUNDICION DE HIERRO

GRUPO	TIPO
F	F-1
(Chatarra pesada y	F-2
de maquinaria)	F-3
	F-4
	F-5
G	G-1
(Chatarra de fundición	G-2
general)	G-3
	G-4

H
(Virutas)

H-1
H-2
H-3

2.7.2 Chatarras especiales. Por convenio previo entre comprador y vendedor se podrán establecer otros tipos de chatarras especiales.

3. CONDICIONES GENERALES

3.1 Chatarra tipo A-1. Se compondrá de chatarras internas de acerías o plantas laminadoras, tales como desechos o desperdicios de lingotes, productos siderúrgicos semiterminados o perfiles, con un peso no menor de 20Kg/m o con un espesor, en el caso de productos planos, no menor de 15 mm, así como también lobos 8/, madres 9/, etc., la chatarra tipo A-1 será suelta grande, y limpia o regular.

3.2 Chatarra tipo A-2. Se compondrá de chatarras de transformación o de recuperación, tales como rieles, ejes, barras o perfiles pesados, con un peso no menor de 20Kg/m o con un espesor, en el caso de productos planos, no menor de 15mm, así como también llantas, ruedas, y otras piezas de grueso espesor. La chatarra tipo A-2 será suelta grande, y limpia o regular.

3.3 Chatarra tipo A-3. Se compondrá de materia-

8/ Skulls (EE.UU. de Norteamérica); Fondos de cacamba (Brasil); también denominados "residuos de cuchara".

9/ Fountains (EE.UU. de Norteamérica); Mastros (Brasil).

les como los indicados para los tipos A-1 y A-2, sólo que la chatarra tipo A-3 será suelta mediana, limpia o regular.

3.4 Chatarra tipo A-4. Se compondrá de materiales con un espesor no menor de 6mm, sin piezas huecas voluminosas, y preparados de manera de asegurar bultos para carga al horno compactos y sin salientes. La chatarra tipo A-4 será suelta grande o en fardos y limpia o regular.

3.5 Chatarra tipo A-5. Se compondrá de materiales como los indicados para el tipo A-4, sólo que la chatarra tipo A-5 será suelta mediana o en fardos y limpia o regular.

3.6 Chatarra tipo A-6. Se compondrá de chatarra de transformación o de recuperación, con un espesor no menor de 3mm preparada de manera de asegurar bultos para carga al horno compactos y sin salientes. La chatarra tipo A-6 será suelta grande o en fardos, y limpia o regular.

3.7 Chatarra tipo A-7. Se compondrá de chatarra de recuperación con un espesor no menor de 3mm, preparada de manera de asegurar bultos para carga al horno compactos y sin salientes; en este tipo se podrán incluir cables de acero en rollos no mayores de 0.60 m de diámetro. La chatarra tipo A-7 será suelta mediana o en fardos, y limpia o regular.

3.8 Chatarra tipo A-8. Se compondrá de chatarra de transformación con un espesor no menor de 3mm, con piezas no mayores de 0.30m de longitud, así como desechos y desperdicios de operaciones de punzonado, cizallado, fabricación de

bulones, despuntes cortos de barras, trozos de varillas y alambres, etc. La chatarra tipo A-8 será suelta menuda, o en fardos y limpia o regular.

3.9 Chatarra tipo A-9. Se compondrá de chatarra de recuperación con un espesor no menor de 3mm, suelta mediana en fardos, de limpieza regular o sucia.

3.10 Chatarra tipo B-1. Se compondrá de chatarras de transformación tales como recortes de chapas y desperdicios de operaciones de troquelado y embutición con un espesor no menor de 0.6mm. La chatarra tipo B-1 será entregada en fardos y será limpia.

3.11 Chatarra tipo B-2. Se compondrá de chatarra de recuperación con un espesor no menor de 0.6mm. La chatarra tipo B-2 será entregada en fardos y será de limpieza regular.

3.12 Chatarra tipo B-3. Se compondrá de chatarra de recuperación con un espesor inferior a 3mm. La chatarra tipo B-3 será entregada en fardos y será de limpieza regular o sucia, según se establezca.

3.13 Chatarra tipo C-1. Se compondrá de chatarra de transformación tales como recortes de chapas y desperdicios de operaciones de troquelado y embutición. La chatarra tipo C-1 será entregada en paquetes prensados con un peso no menor de 1.2 t/m^3 y será limpia.

3.14 Chatarra tipo C-2. Se compondrá de chatarra de recuperación tales como desechos y desperdicios de chapas

inclusive de carrocerías de automóviles, chapas galvanizadas (cincadas), pintadas o litografiadas, así como alambres y otros materiales delgados. No se incluirán materiales recubiertos de estaño, plomo, esmaltes, u otros recubrimientos metálicos, u orgánicos. La chatarra tipo C-2 será entregada en paquetes prensados con un peso no menor de 1.0 t/m^3 y será de limpieza regular.

3.15 Chatarra tipo C-3. Se compondrá de materiales de recuperación como los indicados para los tipos C-1 y C-2, pero permitiéndose la inclusión de materiales estañados, galvanizados (cincados) esmaltados, o con otros recubrimientos metálicos u orgánicos. La chatarra tipo C-3 será entregada en paquetes prensados con un peso no menor de 1.0 t/m^3 y podrá ser sucia, aunque razonablemente libre de suciedad, metales no ferrosos y otras materias no metálicas.

3.16 Chatarra tipo C-4. Se compondrá de chatarras de recuperación tales como desechos y desperdicios de hojalata sometidos a un desestañado por procedimientos químicos. La chatarra tipo C-4 será entregada en paquetes prensados con un peso no menor de 1.2 t/m^3 y será de limpieza regular.

3.17 Chatarra tipo C-5. Se compondrá de materiales de recuperación como los indicados en el tipo C-4 pero desestañados por incineración. La chatarra tipo C-5 será entregada en paquetes prensados con un peso no menor de 1.2 t/m^3

y será de limpieza regular.

3.18 Chatarra tipo C-6. Se compondrá de chatarras de transformación tales como recortes de chapa y desperdicios de la operación de troquelado, de aceros para el uso de electrotecnia. La chatarra tipo C-6 será entregada en paquetes prensados con un peso no menor de 1.0 t/m^3 o en mazos firmemente ligados con alambres o flejes y será limpia.

3.19 Chatarra tipo D-1. Se compondrá de virutas de acero cortas o trituradas, no oxidadas, con un peso no menor de 0.8 t/m^3 . La chatarra tipo D-1 se entregará a granel, razonablemente libre de virutas o trozos de otros materiales, suciedad y/o excesivo aceite.

3.20 Chatarra tipo D-2. Se compondrá de virutas de acero no oxidadas razonablemente, libre de virutas de otros materiales, suciedad y/o excesivo aceite. Se entregará a granel.

3.21 Chatarra tipo D-3. Se compondrá de virutas de acero totalmente oxidadas, razonablemente libres de materias extrañas, suciedad y/o excesivo aceite. Se entregará a granel.

3.22 Chatarra tipo D-4. Se compondrá de virutas de acero mezcladas con virutas de fundición de hierro, razonablemente libres de materias extrañas, suciedad y/o excesivo aceite. Se entregará a granel.

3.23 Chatarra tipo E-1. Se compondrá de rieles en desuso, destinados a relaminación. La longitud y condiciones generales de la chatarra tipo E-1 se establecerá por acuerdo previo entre comprador y vendedor.

3.24 Chatarra tipo E-2. Se compondrá de barras y ejes en desuso, destinados a relaminación. Los mismos no deberán presentar estrias o escalonamientos transversales profundos. La longitud y condiciones generales de la chatarra tipo E-2 se establecerá por acuerdo previo entre comprador y vendedor.

3.25 Chatarra tipo E-3. Se compondrá de materiales ferroviario en desuso, tales como rieles, llantas de ruedas, ejes, etc., así como de chatarra de recuperación de grueso espesor, destinadas a forja. La longitud, espesor, y condiciones generales de la chatarra tipo E-3 se establecerá por acuerdo previo entre comprador y vendedor.

3.37 Chatarra tipo F-1. Se compondrá de chatarra en grandes piezas individuales, que deben ser partidas con pera para ser utilizadas, ya sean chatarra interna, tal como lingoteras, placas de base, etc., o chatarra de recuperación, tal como volantes, bases de maquinaria, cilindros, carcazas y bloques de motores, etc. La chatarra tipo F-1 será de limpieza regular.

3.28 Chatarra tipo F-2. Se compondrá de chatarra de tipo F-1, en piezas o trozos no mayores de 0.60 x 0.60 x 0.75 m, con un peso individual no mayor de 75 Kg.

3.29 Chatarra tipo F-3. Se compondrá de chatarra tipo F-1, en piezas o trozos no mayores de 0.40 x 0.40 x 0.40m, con un peso individual no mayor de 50 Kg.

3.30 Chatarra tipo F-4. Se compondrá de chatarra de recuperación, tal como piezas de maquinaria industrial, agrícola o automotriz, columnas, tubos, etc., en trozos no mayores de 0.30 x 0.30 x 0.30m, con un peso individual no mayor de 30 Kg. La chatarra tipo F-4 no incluirá piezas de fundición de hierro quemadas, como tampoco provenientes de estufas, hornos, crisoles, ni zapatas para frenos, y será razonablemente libre de materia extraña, aceros, metales no ferrosos y suciedad.

3.31 Chatarra tipo F-5. Se compondrá de chatarra interna, de fundición, tal como lobos; montantes, canales, o chatarra de recuperación, gruesa, con piezas de acero adheridas.

3.32 Chatarra tipo G-1. Se compondrá de chatarra de recuperación en general, inclusive de poco espesor, sin incluir fundición de hierro quemada, zapatas para frenos y será razonablemente libre de materias extrañas, aceros, metales no ferrosos, y suciedad.

3.33 Chatarra tipo G-2. Se compondrá de chatarra de recuperación en general, incluyendo fundición de hierro quemada como tampoco proveniente de estufas, hornos, crisoles, etc., y pequeñas cantidades de fundición maleable o acero. Se

rá razonablemente libre de materia extraña, metales no ferrosos y suciedad.

3.34 Chatarra tipo G-3. Se compondrá de chatarra de recuperación en general, sucia, conteniendo piezas o trozos de fundición maleable, fundiciones aleadas, acero y diversas impurezas como metales no ferrosos, materias extrañas y suciedad.

3.35 Chatarra tipo G-4. Se compondrá de chatarra interna o de recuperación de fundición de hierro maleable, como accesorios de cañería, piezas de maquinaria, etc., de lim-pieza regular.

3.36 Chatarra tipo H-1. Se compondrá de virutas de fundición de hierro. La chatarra de tipo H-1 se entregará a granel razonablemente libre de viruta o trozos de otros mate-riales, suciedad o excesivo aceite.

3.37 Chatarra tipo H-2. Se compondrá de virutas de fundición maleable. La chatarra de tipo H-2 se entregará a granel razonablemente libre de virutas o trozos de otros ma-teriales, suciedad o excesivo aceite.

3.38 Chatarra tipo H-3. Se compondrá de virutas de distintos tipos de fundición, mezcladas. La chatarra de tipo H-3 se entregará a granel, razonablemente libre de mate-riales extraños, suciedad o excesivo aceite.

3.39 Materiales no permitidos.

3.39.1 Chatarras no deberán incluir piezas peli-

grosas, tales como granadas, proyectiles, recipientes de cualquier clase cerrados o que hubieren contenido sustancias inflamables o explosivas, ni tampoco material que puede causar daños personales o materiales.

3.39.2 La chatarra no deberá incluir materiales que contengan plomo o arsénico.

4. REQUISITOS

4.1 Composición química.

4.1.1 La composición química de la chatarra deberá cumplir con lo establecido en la orden de compra, y según corresponda con lo indicado en los párrafos siguientes:

4.1.2 Elementos de aleación residuales en chatarra de acero no aleada.

4.1.2.1 La chatarra de acero no aleada deberá ser de acero al carbono. El contenido de elementos de aleación residuales no deberán exceder de los límites indicados en la Tabla V.

Tabla V
LÍMITES DE CONTENIDO DE ELEMENTOS RESIDUALES

ELEMENTO	LÍMITE (%)
Ni	máx. 0.45
Cr	máx. 0.20
Mo	máx. 0.10

Mn	máx. 1.65
Cu	máx. 0.20
Ni+Cr+Mo+Cu	máx. 0.60

4.1.2.2 Para la chatarra no aleada de todos los tipos, excepto los A1, A2 y A3, en los cuales se podrá permitir por acuerdo previo, y los tipos A9, B3, C3, y C6 en los cuales se permitirán los contenidos de P, S, si no excederán de los límites siguientes:

P máx. 0.05%

S máx. 0.05%

Si máx. 0.50%

4.1.2.3 El contenido de Si de la chatarra tipo C6 no será menor de 0.50% Si, los contenidos de P y S no excederán de 0.5% de P y 0.5% de S.

4.1.2.4 El contenido máximo de materiales galvanizados (cincados) en la chatarra tipo C2 no excederá del 15%, con un contenido máximo de Zn en peso, en la entrega de 0.5%.

4.1.2.5 El contenido de Sn para la chatarra desestada, tipo C4 y C5 no excederá del 0.10% de Sn.

4.1.2.6 El contenido de escoria en peso, de los lodos no excederá del 5%.

4.1.3 Elementos de aleación residuales en chatarra de fundición de hierro no aleada.

4.1.3.1 El contenido de elementos de aleación resi-

duales en la chatarra de fundición de hierro no aleada, no deberá exceder de los límites indicados en la Tabla VI.

Tabla VI

LIMITES DE CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACION RESIDUALES EN
CHATARRA DE FUNDICION DE HIERRO NO ALEADA

ELEMENTO	LIMITE (%)
Ni	máx. 0.15
Cr	máx. 0.20
Mo	máx. 0.03
Cr+Mo	máx. 0.20
Cu+	máx. 0.25
Al	máx. 0.03
Sn	máx. 0.03
Pb	máx. 0.01

4.1.3.2 Para la chatarra de fundición de hierro no aleada del grupo F, tipo F1 a F5, el contenido de P salvo que se acuerde otra cosa por convenio previo, no excederá de 0.25%.

4.1.3.3 El contenido de escoria, en peso de los lobos no excederá del 5%.

4.2 Bultos de entega

4.2.1 Las dimensiones de los bultos de entega cumplirán como lo indicado en 2.5 y 3 para cada tipo de chatarra.

4.2.2 Cuando se solicite chatarra a entregarse en fardos, deberán acordarse por convenio previo las dimensiones de los mismos, o indicarse las dimensiones del recipiente de carga al horno.

4.2.3 La chatarra en fardos deberá estar firmemente ligada con alambres o flejes, de manera que los fardos no se deshagan durante el transporte.

4.2.4 Los bultos de carga al horno, ya sea fardos o paquetes, no deberán presentar salientes que dificulten su transporte, y deberán ser de bases planas para poderse transportar tomando el bulto con electroimán.

4.2.5 Cuando se solicite chatarra en paquetes prensados deberá acordarse por convenio previo el tamaño de los mismos, según los tamaños normales indicados en la Tabla VII, así como la eventual realización del ensayo de cohesión (ver 9.2 del apéndice).

Tabla VII

TAMAÑOS NORMALES DE PAQUETES PRENSADOS

TAMAÑO	DIMENSIONES EN METROS		
I	0.40	0.40	0.40
II	0.40	0.40	0.60 ó más
III	0.50	0.50	0.50
IV	0.50	0.50	0.60 ó más

5. INSPECCION Y RECEPCION

5.1 Inspección visual. Toda la chatarra será sometida a inspección visual a fin de verificar que sus condiciones generales, limpieza, etc., se ajusten a lo indicado en esta norma para el tipo de chatarra solicitado.

5.2 Inspección de dimensiones y peso. Todos los bultos de chatarra serán inspeccionados a fin de verificar que sus dimensiones y peso se ajusten a lo indicado en esta norma para el tipo de chatarra solicitado.

5.3 Verificación de composición química. De cada lote de chatarra del mismo tipo se tomarán muestras representativas al azar, de las que se extraerán las virutas necesarias para el análisis de comprobación.

5.4 Aceptación. El lote de chatarra del mismo tipo sometido a inspección, será aceptado si cumple con lo establecido en esta norma.

5.5 Remuestreo. Si la composición química determinada en el análisis de comprobación no se ajusta a lo establecido en esta norma, se permitirá un nuevo muestreo, tomando el doble de muestra representativa del lote que en el muestreo original. Si realizados los nuevos análisis, los resultados no fueran satisfactorios, podrá rechazarse el lote.

5.6 Rechazo

5.6.1 Si se constatará en la inspección de recepción que la chatarra no cumple con lo establecido en esta norma

ma el lote podrá ser rechazado.

5.6.2 El vendedor podrá optar por:

5.6.2.1 Dar por definitivamente rechazado el lote.

5.6.2.2 Someter el lote rechazado a una nueva selección de materiales y presentarlo nuevamente a inspección, como chatarra del tipo solicitado.

5.6.2.3 Si el comprador lo autoriza; presentar nuevamente el lote a inspección, como chatarra del tipo que correspondiera diferente del originalmente solicitado.

5.7 Inspección por el comprador.

5.7.1 Salvo que se acuerde por convenio previo lo contrario, el comprador podrá inspeccionar nuevamente la chatarra recibida apartando aquellos materiales que no cumplieron con lo establecido con esta norma dentro de un plazo no mayor de 30 días a partir de la fecha de recepción. En ese caso se notificará al vendedor para la calificación en conjunto de los materiales rechazados, y resolver sobre su ulterior destino.

6. METODOS DE ENSAYO.

6.1 Verificación de dimensiones y peso.

6.1.1 La verificación de dimensiones de los bultos se hacen midiendo las dimensiones exteriores máximas de los mismos.

6.1.2 El peso se determina con una balanza de sensibilidad adecuada.

6.1.3 La densidad aparente (t/m^3) de los bultos se

determina aplicando lo mencionado en 6.1.1 y 6.1.2, excepto en la chatarra menuda que se entregue a granel, cuyo volumen se determina con recipientes adecuados.

6.2 Verificación de la composición química. Los métodos químicos son los indicados en las normas COPANT correspondientes; en el caso de los aceros, las normas COPANT R20R32, R360AR364 y 366.

7. MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE.

7.1 Identificación del tipo. Por convenio se podrán establecer las formas de identificación de los bultos de chatarra, según su tipo, ya sea mediante marcas con pintura, tarjetas firmemente adheridas al bulto, etc.

7.2 Transporte de chatarra. Cuando en un mismo cargamento se incluyen varios tipos de chatarra, deberán estos ser transportados en recipientes independientes, o separados con divisiones adecuadas que impidan se mezclen.

8. ANEXO

8.1 Bases de compra. En los pedidos de chatarra, de acuerdo a esta norma, el comprador deberá indicar:

- a) Número de esta norma.
- b) Tipo de chatarra (según 3).
- c) Composición química cuando se solicite chatarra aleada.
- d) Cantidades pedidas (en toneladas).
- e) Tamaños de bultos (según 2.5, 3 y 4.2).

- f) Dimensiones y condiciones generales cuando se solicite chatarra de acero recuperable (grupo E).
- g) requisitos opcionales o especiales).

9. APENDICE

9.1 Antecedentes

ABNT P/TB-70

DGN B-318-1968

IRAM 620

IS: 2549-1963

CECA- resolution 28-54

Institute for Scrap Iron and Steel Specifications.

9.2 Ensayos de cohesión de paquetes prensados.

9.2.1 Cuando se establezcan por convenio previo, se podrán someter los paquetes prensados, de los tipos C-1 a C-6, a ensayo de cohesión según 9.3.2.

9.2.2 Los paquetes prensados deberán soportar dos caídas sobre el piso de cemento, desde una altura de 10 m.

CAPITULO III

ENSAYOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS

a) Objetivo

La calidad y las posibles aplicaciones de un acero se determinan conociendo sus características. Estas características se ponen de manifiesto por medio de ensayos apropiados a cada caso. Las características mecánicas son determinadas con más facilidad y a la vez son las que más interesan para poderse orientar sobre el empleo adecuado de los aceros.

Aparte, se hace necesario también conocer las composiciones químicas de los aceros. La gran diversidad de ensayos se realizan para:

- Determinar las sustituciones de unos materiales por otros de mayor rendimiento, según el uso.
- Conocer el proceso de fabricación.
- Determinar la calidad del producto durante todo el proceso de fabricación y del producto ya terminado.

Se pueden clasificar los ensayos en cuatro grupos:

- 1) Ensayos físicos, de temple, tracción, dureza, choque y fatiga. Son los más utilizados; no obstante se

CAPITULO III

ENSAYOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS

a) Objetivo

La calidad y las posibles aplicaciones de un acero se determinan conociendo sus características. Estas características se ponen de manifiesto por medio de ensayos apropiados a cada caso. Las características mecánicas son determinadas con más facilidad y a la vez son las que más interesan para poderse orientar sobre el empleo adecuado de los aceros.

Aparte, se hace necesario también conocer las composiciones químicas de los aceros. La gran diversidad de ensayos se realizan para:

- Determinar las sustituciones de unos materiales por otros de mayor rendimiento, según el uso.
- Conocer el proceso de fabricación.
- Determinar la calidad del producto durante todo el proceso de fabricación y del producto ya terminado.

Se pueden clasificar los ensayos en cuatro grupos:

- 1) Ensayos físicos, de temple, tracción, dureza, choque y fatiga. Son los más utilizados; no obstante se

III.2.

hacen también necesarios en muchas ocasiones los ensayos de deformación por tratamiento térmico, resistencia al desgaste, maquinabilidad, etc., también se efectúan ensayos por rayos X.

2) Ensayos químicos: destinados a conocer la composición química cualitativa y cuantitativa de los aceros, ensayos de resistencia a la corrosión y a la oxidación, de resistencia a los álcalis, etc.

3) Ensayos físico-químicos: para determinar el tamaño de grano, ensayos microscópicos y macroscópicos para examen de la estructura, ensayos para determinar segregaciones, ensayos de composición de elementos de aleación, etc.

4) Ensayos eléctricos: para la determinación de la permeabilidad, magnetismo remanente, pérdidas de histéresis, fuerza coercitiva, etc.

Existen muchos métodos para determinar la dureza del acero, por distintos procedimientos, que se pueden clasificar en tres grupos:

- Los que miden dureza mineralógica.
- Los que miden la resistencia a la penetración. (Rockwels, Vicker y Brinell).
- Los que miden la dureza elástica o de rebote.

Sin embargo, esta dureza no se puede medir en unidades absolutas, y las que se emplean son comparativas.

b) Propiedades mecánicas

Nuestro objetivo fundamental es el de describir los más importantes ensayos mecánicos que se realizan a los materiales. Los ensayos mecánicos tienen la finalidad de determinar un cierto número de características mecánicas destinada a la aplicación óptima de los materiales. Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, guardan cierta relación con la composición química. Incluso una pequeña proporción de un elemento fuera de la composición normal puede ejercer una profunda influencia sobre sus características y, por esta razón, el análisis químico de los elementos que conforman el material reviste gran trascendencia. Todo esto nos permitirá prever el comportamiento del material en las condiciones de utilización.

Resistencia mecánica y plasticidad.- Conforman la combinación de propiedades más importantes que un metal debe poseer. La resistencia mecánica es la habilidad para poder resistir u oponerse a la deformación y fractura. La plasticidad es la habilidad de poder deformarse sin romperse. Cuando se emplean materiales que tengan esta combinación de propiedades en partes vitales de estructuras y fabricación de herramienta y máquinas para que puedan resistir adecuadamente a los requerimientos exigidos de los servicios a que van destinados.

Elasticidad.- Cuando un material soporta una car-

III. 4.

ga, experimenta una deformación. Elasticidad es la habilidad que tienen los materiales de recuperar su forma primitiva cuando cesan las fuerzas que provocan dicha deformación.

Ductilidad.- La plasticidad exhibida por un material sometido a tracción se conoce por ductilidad, y se mide por la magnitud que el material considerado pueda alargarse permanentemente.

Esta propiedad de alargarse permite estirar los metales transformándolos en alambres en el diámetro requerido.

Maleabilidad.- Es la propiedad que tienen los metales de deformarse permanentemente por compresión sin romperse. Esta propiedad permite forjar y laminar los metales transformándolos en chapas.

Tenacidad.- Aunque no existe ningún método exacto ni directo para medir la tenacidad de los metales, se supone que metal es aquel que posee una resistencia elevada y la particularidad de deformarse permanentemente sin romperse. Frecuentemente la resistencia de un material al impacto o al choque se toma como índice de su tenacidad.

Fragilidad.- Es la propiedad opuesta a la plasticidad un metal frágil es aquel que no puede deformarse permanentemente en forma visible, esto es, carece de plasticidad. Los metales duros tales como los aceros de herramienta templados a fondo, poseen muy poca plasticidad y, por lo tanto pueden clasificarse como frágiles; sin embargo, la du-

reza no es una medida de la plasticidad.

c) Ensayo de tracción

Entre los ensayos para juzgar la calidad de los aceros, uno de los más relevantes y, por consiguiente, de los más utilizados, es el ensayo de tracción. Sirve para conocer la resistencia, el límite de elasticidad, el alargamiento, la estricción, entre otros.

Máquinas de tracción.- Las máquinas utilizadas pueden desarrollar esfuerzos de hasta 100 toneladas. También existen micromáquinas cuya fuerza no excede de algunos centenares de gramos. Las mordazas de la máquina deben montarse sobre rótulas, para que el esfuerzo ejercido sobre la probeta se aplique según su eje y no exista una componente de flexión o de torsión.

Existen máquinas de diversos tipos, pero fundamentalmente hidráulicas y neumáticas, que constan de cinco partes fundamentales:

- 1) Conjunto principal con mordazas para sujetar la probeta.
- 2) Una bomba de aceite movida por un motor eléctrico que envía el aceite a presión al cuerpo de la máquina, allí el aceite acciona un pistón que arrastra las mordazas.
- 3) Un dinamómetro para regular la carga a través de la presión de aceite.

III.6 .

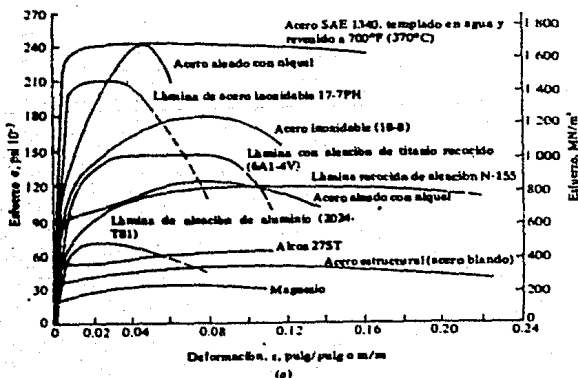
- 4) Un manómetro que nos marca la carga aplicada.
- 5) Un aparato registrador que nos marca un gráfico de la curva del ensayo.

Debemos tener en cuenta que los datos originales se dan en términos de carga y alargamiento. Estos datos se obtienen de la siguiente manera:

$$\text{Esfuerzo usado en ingeniería} = \frac{\text{carga}}{\text{área original}}$$

$$\text{Deformación usada en ingeniería} = \frac{\text{Variación en la longitud}}{\text{longitud original}}$$

Entonces obtendremos una gráfica, que dependiendo del tipo de material al que se le efectue la prueba, será su geometría, como se observa en la siguiente gráfica.



III.7.

Existirán en la mayoría de los casos tres diferentes fases:

Primera fase: Es un período de pequeños alargamientos o período elástico. Los alargamientos que sufre la probeta son pequeños y proporcionales a la carga aplicada. Cuando cesa la carga la probeta recupera su longitud original. Obedece por lo tanto a la ley de Hook, la cual indica, que para un cuerpo elástico, la deformación producida es proporcional al esfuerzo aplicado.

Segunda fase: es un período de grandes alargamientos. A partir de una cierta carga, los alargamientos son importantes y cada vez mayores, si la carga se retira ahora, la probeta no regresará a su longitud original, y la deformación no es proporcional a la carga aplicada, por lo que se encuentra en una fase de deformación plástica o permanente.

Durante estas dos fases, los alargamientos se reparten por igual en toda la longitud de la probeta.

Tercera fase: Este período también se realiza dentro de la deformación plástica. A partir de cierto valor de la carga, la deformación se vuelve localizada, es decir, se forma una estricción en la probeta, lo que trae como consecuencia que se reduce el área, por lo tanto, la carga necesaria disminuye, hasta que ocurre la fractura.

Los siguientes datos se utilizan en las especificaciones y se obtienen de un ensayo de tracción:

III.8.

Módulo de elasticidad (lb/pulg² ó Kg/mm²)

= esfuerzo/deformación, en el rango elástico
(pendiente de la curva esfuerzo-deformación)

Resistencia a la tracción (lb/pulg² ó Kg/mm²)

= esfuerzo máximo en la curva esfuerzo-deformación.

Límite elástico teórico: es la carga máxima por unidad de área que al cesar de actuar no produce deformación permanente en el material.

Límite aparente de elasticidad o de fluencia (lb/pulg² ó Kg/mm²)

= esfuerzo en el que se halle una deformación plástica o permanente del 0.1 ó 0.2 por ciento dependiendo del tipo de material. En algunos tipos de acero es bastante difícil determinar con exactitud el límite de elasticidad.

Alargamiento porcentual en la fractura (%)

= $(l_f - l_i) / l_i \times 100$, en donde

l_f = longitud final

l_i = longitud inicial

Reducción porcentual de área (estricción) (%).

= $(A_i - A_f) / A_i \times 100$, en donde

A_i = área inicial

A_f = área final

El módulo de elasticidad se utiliza para calcular la deflexión bajo carga de una pieza determinada. Puede tomarse, para todos los aceros, igual a $20,000 \text{ Kg/mm}^2$ ó $10 \times 10^6 \text{ lb/pulg}^2$.

La resistencia a la tracción es un índice de la calidad del material. No se utiliza mucho en el diseño de materiales dúctiles, ya que estos han sufrido una deformación plástica considerable cuando se alcanza esta capacidad máxima de soportar carga. Sin embargo, es una buena forma de hallar defectos, ya que si existen fallas o inclusiones nocivas, la barra no alcanzará el mismo esfuerzo máximo.

El porcentaje de alargamiento en la fractura tiene varios propósitos. Es posiblemente, un mejor índice de la calidad que la resistencia a la tracción, porque si hay inclusiones o porosidades, el alargamiento disminuye drásticamente.

d) Ensayos de dureza

La dureza de un metal es la resistencia que opone a la penetración de otro cuerpo más duro que él. Para unas condiciones experimentales dadas, la dureza del metal es tan to mayor cuanto más pequeña es la penetración de dicho cuerpo.

En los ensayos de dureza se ejerce una fuerza constante con un punzón durante un tiempo dado. Se utilizan co

rrientemente varios tipos de ensayos. El principio de todos ellos es el mismo, difiriendo únicamente en la forma del penetrador utilizado.

Ensayo Brinell.- Este es uno de los ensayos más antiguos y todavía es la norma más utilizada.

Se coloca en una prensa la probeta con la superficie superior plana y se presiona dicha superficie con una esfera de acero o de carburo de tungsteno con una carga de 500 a 3 000 Kg. La carga más liviana se utiliza para los metales blandos no ferrosos tales como el cobre y aluminio, y la carga más pesada se utiliza para el hierro, acero y aleaciones duras. La carga se aplica durante 30 segundos y luego se quita. En seguida se lee, en milímetros, el diámetro de la impresión por medio de un microscopio de baja re solución. El número Brinell de dureza se encuentra según la expresión:

$$H = \frac{\text{carga } P}{\text{área de la superficie de impresión}}$$

El área de la superficie de impresión es:

$$\frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}), \text{ en donde}$$

D = diámetro del indentador

d = diámetro de la impresión

Ensayo Vickers.- El penetrador es una pirámide de diamante de base cuadrada, cuyo ángulo en el vértice es

III.11.

de 136°. El intervalo de carga está generalmente entre 1 y 120 Kg. El probador de dureza Vickers funciona bajo el mismo principio que el probador Brinell, y los números se expresan en términos de carga y área de impresión.

La dureza vickers viene definida por la relación:

$$HV = \frac{P}{S}$$

La superficie S de la huella puede expresarse en función de la diagonal d del cuadrado de la base de la huella piramidal.

$$S = \frac{d^2}{2 \operatorname{sen} 68^\circ}$$

quedando finalmente,

$$HV = 1.8544 \frac{P}{d^2}, \text{ en donde}$$

P = carga aplicada en Kg.

d = longitud de la diagonal del cuadrado de la impresión.

[mm]

Ensayo Rockwell.- La principal ventaja radica en que la lectura se realiza directamente, basado en el principio de profundidad diferencial. La prueba se lleva a cabo al elevar la muestra lentamente contra el marcador hasta que se aplica una carga menor determinada. Esto se indica en una carátula numerada. Luego se aplica la carga mayor a través de un sistema de palanca de carga. Después de que la aguja del disco llega al reposo, se quita la carga mayor,

y con la carga menor todavía en acción, el número de dureza se lee directamente en la carátula.

Pueden utilizarse diversos indentadores de huellas y cargas, y cada combinación determina una escala Rockwell especificada. Los indentadores incluyen bolas de acero, endurecidas de 1/16, 1/8, 1/4 y 1/2 de pulgada de diámetro y un marcador cónico de diamante de 120°. Generalmente las cargas mayores son de 60, 100, y 150 Kg en el probador normal y de 15, 30 y 45 Kg en el probador superficial. Debido a las muchas escalas Rockwell, el número de dureza debe especificarse mediante el símbolo HR seguido de la letra que designa la escala y procedencia de los números de dureza.

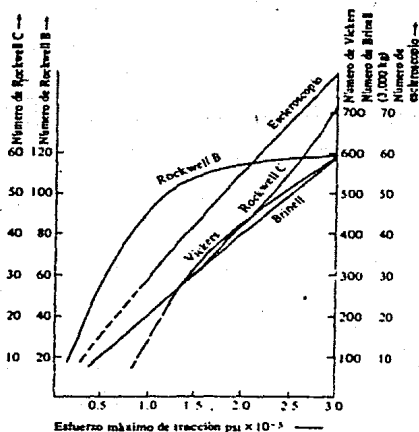


Fig. 3.14 Valores para convertir ensayos Brinell, Vickers y Rockwell.

(Tomado de Joseph Marvin "Mechanical Behavior of Engineering Materials", © 1962, Tabla 10.2, pág. 450. Reimpreso con autorización de Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.)

Ensayo	Mantador	Forma de la indentación		Carga	Fórmula del número de dureza
		Vista lateral	Vista superior		
Brinell	Esfera de acero o carburo de tungsteno de 10 mm de diámetro			P	$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Pirámide de diamante			P	$VHN = 1.72 P/d^2$
Medida de Knoop	Pirámide de diamante			P	$KHN = 14.2 P/l^2$
Rockwell					
A C D	Cono de diamante			60 kg 150 kg 100 kg	$R_A =$ $R_C =$ $R_D =$ } 100 - 500f
B F G	Esfera de acero de 1/16 pulgada de diámetro			100 kg 60 kg 150 kg	$R_B =$ $R_F =$ $R_G =$ } 130 - 500f
E	Esfera de acero de 1/8 pulgada de diámetro			100 kg	$R_E =$

Fig. 1.13 Métodos para ensayo de dureza.

(R. W. Hughes, W. G. Moffat y John Wolff, "The Structure and Properties of Alloys", vol. 1: Mechanical Properties, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1964. Bajo autorización de John Wiley & Sons, Inc.)

Cualquiera que sea el método utilizado, es indispensable realizar varias mediciones y adoptar un valor medio para la dureza. La penetración del punzón en el metal determina una acritud en la región próxima a la huella. Es preciso pues, efectuar los ensayos en puntos suficientemente distantes unos de otros para que las mediciones no resulten falseadas.

El tiempo durante el cual la carga se aplica sobre el penetrador modifica de forma considerable las dimensiones de la huella.

El acabado superficial tiene gran influencia sobre el resultado de la prueba y por tanto del conocimiento de la dureza del metal, especialmente cuando el ensayo se efectúa con cargas bajas.

Existen todavía una serie de pruebas mecánicas, tales como son las de impacto o resiliencia, fatiga, fluencia, etc., las mencionadas son las que revisten y son las que con mayor frecuencia son utilizadas en recepción de materiales. Estos nos representan una serie de parámetros comparativos con las especificaciones del material, y nos darán un índice de la calidad de los mismos.

e) Determinación de los elementos químicos
en los materiales

Aunque en la mayoría de los casos al usuario le preocupan más las propiedades mecánicas y físicas que las químicas, básicamente es la composición química la que caracteriza a un material. Hoy en día se debe de tener mayor cuidado en la pureza de la aleación base, o sea, el contenido de elementos residuales que en forma de muy pequeños porcentajes se encuentran presentes, y que pueden llegar a afectar en las propiedades de los materiales.

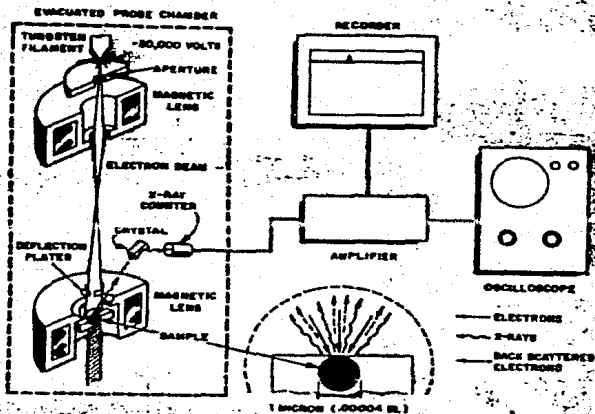
Por todo ello, es necesario el análisis químico,

además de una gran precisión y exactitud en las determinaciones, la posibilidad de detectar y valorar muy pequeños contenidos, y el de una gran rapidez de análisis. Por tanto, los métodos de análisis por vía húmeda se han visto desplazados por la espectrometría de emisión o de rayos X.

Realización del análisis químico por medio de rayos X (electrón sonda).- El microanalizador electrón sonda, es una nueva herramienta analítica, que realiza el análisis químico, con una pequeña muestra de unas cuantas micras de diámetro. La muestra a investigar es el blanco de un rayo de energía electrónica y mediante las características de rayos X son excitados los elementos químicos presentes.

Los principales componentes del analizador están formados por el electrón óptico, que utiliza las propiedades de los campos magnéticos para enfocar los electrones y el sistema de medición de rayos X (espectrómetro).

El electrón óptico consiste en primer lugar de un filamento de tungsteno que se encuentra por encima de una abertura de 0.004 in. de diámetro. El filamento de tungsteno posee una gran carga negativa, y la abertura se encuentra aterrizada, así los electrones provenientes del filamento son acelerados hacia abajo a través de la abertura. Los electrones que pasan a través de la abertura son desamplificados por dos lentes magnéticas, para proveer de un haz de electrones de 2×10^{-5} pulgadas de diámetro en la muestra.



Esquema simplificado del funcionamiento
del electrón sonda
(Rayos - X)

La intensidad de electrones rechazados es medido por un detector apropiado sobre la parte inferior de los lentes magnéticos. Dependiendo del número atómico de los elementos será la intensidad de electrones rechazados, y sólo emanarán del área de contacto del rayo.

Los electrones que no son rechazados penetran en

la muestra y pierden su energía al chocar con los átomos de la muestra. A causa de los choques, algunos electrones se difunden lateralmente del área afectada, es por ello que normalmente el diámetro del rayo ocupa un área de acción de 1 a 2 micras de diámetro.

Por efecto de colisión, existe una evacuación de los electrones en el interior de los átomos, se origina entonces la emisión de los característicos rayos X cuando los electrones regresan a su estado de energía normal. Los rayos generados de ésta manera son emitidos en todas direcciones fuera de la muestra y algunos se dirigen hacia los espectrómetros situados cerca de los lentes magnéticos.

El rango detectable de rayos X es de 0.4 a 12 angstroms, mayores longitudes de onda, impide la detección de elementos ligeros tales como el sodio.

La señal que proviene del espectrómetro de los rayos X y de los electrones rechazados, son alimentados a un amplificador, entonces son analizados, registrados y representados gráficamente o, alternativamente en un osciloscopio. En términos de la señal que ha sido alimentada al osciloscopio, puede aparecer la señal en una pantalla de televisión.

El electrón sonda es capaz de analizar cuantitativa y cualitativamente muestras de una micra y con número atómico superiores o cercanos al 11. Para un futuro cer-

cano el análisis se podrá extender inclusive a elementos cercanos a número atómico de 5 (Boro).

La resolución límite en la mayoría de los casos es del 0.1% y en los casos favorables muy cercanos al 0.01%. Para concentraciones límites en la pantalla de televisión las imágenes no quedan bien definidas, el 0.01% representa la detección de cerca del 10^{-5} gramos de volumen de material excitado.

Para trabajos cuantitativos exactos, las muestras deberán estar debidamente pulidas y poseer una superficie plana.

Una manera sencilla de obtener los datos del electrón sonda es enfocar el rayo de electrones sobre una muestra en un área especificada y se realizan las mediciones de los rayos X. Mediante este método el análisis de la muestra se va obteniendo punto por punto.

Otro método de obtener los datos, implica enfocar el rayo en un punto localizado y mover mecánicamente la muestra y el análisis se obtiene por medio del barrido.

Ejemplo: Una muestra de una pieza soldada conteniendo 91.5% de Pb, 5% de Sb, 3% de Sn y 0.5% de As. Fueron determinados sus componentes por medio de rayos X (Foundry, Penton editation, June 1965).



PHOTOMICROGRAPH



(a)



BACK-SCATTERED ELECTRONS

(b)



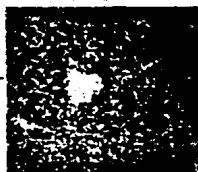
TIN X-RAYS

(c)



ANTIMONY X-RAYS

(d)



ARSENIC X-RAYS

(e)

Fotomicrograffias

En la fotomicrografía (a) se muestra el área analizada. El rayo de electrones recorre la superficie del área en la dirección horizontal rápidamente y más lentamente en la dirección vertical.

La superficie de la muestra es explorada en 16 seg.

simultáneamente el detector de señales modula la señal en el osciloscopio produciendo una imagen en una forma similar a la obtenida en una pantalla de televisión.

Las cuatro fotomicrografías restantes muestran la misma área.- Cuando los rayos X de los electrones rechazados, estaño, antimonio, y arsénico son alimentados al osciloscopio.

En la fotomicrografía (b) se muestra el área A que son los electrones rechazados, teniendo la forma de un vaso, y están representados por el área oscura.

La fotomicrografía (c) muestra los rayos X del estaño y muestran una mayor cantidad en comparación con los electrones rechazados en el área circundante.

En la fotomicrografía (d) se muestran los rayos X del antimonio y la (e) los rayos X del arsénico. En ésta última aparecen también el área A mostrándose los electrones rechazados, apreciándose que también contienen arsénico. Las fotomicrografías indican la distribución de los elementos en la aleación y muestran las concentraciones en una forma semicuantitativa, como se encuentra indicado por la brillantez de las diferentes regiones.

El poder de resolución de los espectrómetros de rayos X está limitado por el diámetro del haz de electrones y por la penetración difusa de los electrones en la probeta. Según la elección de los lentes y del detector, cada espec-

trómetro podrá cubrir un cierto intervalo de longitud de onda, la cual corresponderán en la clasificación periódica determinada serie de elementos.

f) Tratamientos térmicos

Generalidades.- Tiene por objeto modificar las propiedades de los materiales por medio del calor, y consisten en calentar el acero hasta una cierta temperatura durante un tiempo determinado, y entonces enfriarlo de manera conveniente. Las propiedades que más se afectan por los tratamientos térmicos son la dureza y la tenacidad.

Por medio de los tratamientos térmicos podemos lograr cambios principalmente en la microestructura del acero, permaneciendo inalterable la composición química.

Para poder realizar un tratamiento térmico adecuado a un acero es necesario conocer su composición química y las propiedades mecánicas que deseamos obtener, basados en sus principales constituyentes, como son: ferrita, (hierro gamma) cementita, perlita, austenita, martensita, etc.

Los tratamientos térmicos se dividen en:

- Recocido
- Normalizado
- Temple
- Revenido

Recocido.- Tiene por objeto principal el de

ablandar el acero; otras veces también el de generar su estructura o eliminar tensiones internas. El recocido consiste en un calentamiento a temperaturas adecuadas y de duración determinada, seguido de un enfriamiento lento.

Existen varios tipos de recocidos:

Recocido de regeneración.- Su objetivo es el de eliminar la dureza anormal producido por un enfriamiento rápido voluntario o involuntario. Se realiza un calentamiento superior a A_{c3} de 20 a 30°C.

Recocido contra acritud.- Consiste en eliminar el endurecimiento producido por deformación en frío. Se realiza a temperaturas un poco superiores a la austenización.

Existen una gran variedad de recocidos dependiendo del tipo de anomalía a corregir, pero los mencionados son los que se presentan con mayor frecuencia.

Normalizado.- Consiste en un calentamiento por encima de la temperatura de austenización (50-60°C) seguido de un enfriamiento lento al aire tranquilo. El objetivo es el de dejar al acero con una estructura y propiedades que se consideran normales para el acero. Este tratamiento es para aceros de bajo carbono o de baja aleación.

Temple.- Tiene por objeto aumentar la dureza de los aceros. Para ello se calientan los aceros hasta una temperatura superior a la de austenización (30-40°C), después es enfriado más o menos rápidamente, según la composi-

III. 23.

ción y el tamaño de la pieza, en un medio conveniente, agua, aceite, sales, etc.

Revenido.- Es un tratamiento complementario del temple y sólo es aplicado a los aceros templados. Consiste en calentamientos inferiores a A_{C1} , para eliminar totalmente o parcialmente las tensiones internas que surgen durante el tratamiento térmico de templeado, logrando mejorar la tenacidad pero disminuyendo la dureza.

CAPITULO IV

TIPOS DE ELEMENTOS RESIDUALES, SUS ORIGENES Y EFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS

a) Generalidades sobre los elementos residuales.

La necesidad de mejorar la calidad de los aceros nos obliga a tener muy presente la normalización de todos los elementos o materiales que intervienen en los procesos, así como a la aplicación de las técnicas más adecuadas para tratar de obtener las calidades idóneas al empleo que se destine el acero.

Muchos de los elementos de aleación que son necesarios para ciertos usos y calidades de acero, suelen ser perjudiciales para otros, aunque se encuentren en cantidades muy pequeñas.

Podemos definir a los elementos residuales, como aquellos elementos contenidos en los aceros, que no son añadidos intencionalmente.

Con gran frecuencia suelen considerarse elementos residuales, determinados elementos tales como: Cu, Sn, As, etc., que se usan poco o no se emplean en la fabricación de los aceros como elementos de aleación.

Tomando la definición que se puede dar a los elementos residuales se debe incluir a todos aquellos elementos, metales o no metales que, presentes en los aceros, no

IV.2.

han sido deliberadamente añadidos con un fin determinado y que pueden influir sobre las características mecánicas del acero. Pueden agruparse los elementos residuales de la siguiente manera:

1) Elementos típicos perjudiciales considerados como impurezas, tales como el S y P.

2) Elementos que, aunque empleados en determinados aceros como componentes de aleación para conferir propiedades especiales, constituyen una presencia no deseada en otros aceros. Por tanto, Cr, Mo, Ni, V, Mn, Cu, W, elementos apreciados como aleación, son perjudiciales para otros aceros, en los que su presencia puede provocar propiedades contrarias a las deseadas.

3) Elementos extraños a los aceros tales como Sn, Sb, As, etc.

De todos los elementos mencionados, los más importantes desde el punto de vista de su influencia en la calidad de los aceros son el P, y el S, a pesar de ser clásicos elementos residuales.

b) Orígenes de los elementos residuales.

La presencia de los elementos residuales en el acero se debe a que estos elementos indeseables se encuentran contenidos en las materias primas utilizadas en la fa-

bricación de aquel. La chatarra, el arrabio, el mineral, las ferroaleaciones, combustibles, fluidificantes, etc., a veces varían con contenidos extra de dichos elementos por lo que el baño se enriquece de éstos. Luego, es difícil y en ocasiones imposible eliminarlos con marchas normales de aceración, quedando agregados al acero fabricado.

Cuando se utilizan refractarios básicos, éstos también pueden ser causa de contaminación, es decir, pueden ser refractarios a base de cromo-magnesio, o cromo, o cromita, erosionarse y pasar a la escoria, reducirse con la escoria blanca o con el electrodo del horno eléctrico y de esta manera agregar al baño algo de cromo, aunque esto no se desee. A veces puede haber contaminaciones de cargas anteriores (en el caso de otro tipo de acero fabricado con anterioridad), por remanentes en la solera del horno, de residuos de acero en las cavidades que se forman por desprendimiento de refractario. Asimismo, los combustibles pueden ser causa de un aumento de azufre en los aceros. Como ya es sabido, el combustible mexicano no es de óptima calidad, debido a su alto contenido de azufre.

Muchos de los elementos que intervienen en la elaboración del acero nos suministran elementos residuales, pero es la chatarra la que suministra mayor cantidad de elementos residuales al acero.

Este efecto obedece a que cuando las chatarras

no están bien seleccionadas o dosificadas, pueden existir mezcladas piezas de acero de distintas aleaciones, con aceros al carbono y hasta piezas de cobre, latón, antimonio, etc., llegando así del comerciante chatarrero al corral de chatarra de la factoría donde ya no es posible, en la mayoría de las veces, una selección adecuada de la chatarra utilizada.

Los elementos clásicos de aleación que frecuentemente vienen presentes en los aceros aleados, tales como: Ni, Cr, Mo, V, W, etc., cuando se presentan como residuales, proceden de chatarras aleadas que no han sido debidamente seleccionadas.

El Ni, Mo, Cu, y W son imposibles de oxidar por su poca afinidad con el oxígeno y en consecuencia quedan en el baño y el acero los conservará en su totalidad.

El Cr, V, y B son oxidables, pero a pesar de ello, puede no ser total su eliminación, ya que debe tenerse mucho cuidado en el tipo de escoria y las temperaturas que se estén manejando, en virtud de que puede suceder que al reducir se la escoria, estos elementos se reviertan al baño (acero).

El Zn, también procede de chatarra aleada, y debido a su bajo punto de fusión se elimina en gran parte por volatilización.

El Cu procede de aquellas piezas aleadas con este elemento, como son los bronce y latones, y que se encuentran mezcladas con la chatarra utilizada. Estas piezas aleadas

pueden ser: chumaceras, tubos, conductores eléctricos, llaves, etc., o también de chatarra de aceros aleados con cobre, ya que este elemento le infiere al acero propiedades de resistencia a la corrosión.

El Sn se origina, generalmente, cuando se utilizan chatarras a base de abrazaderas, lateríos y recortes de hojalata. En cargas hechas en hornos de inducción, empleando chatarras de latería supuestamente desestañadas, el contenido de Sn en el baño al fundir suele oscilar entre los 0.3% y 0.4%. También las ferroaleaciones suelen contener Sn, principalmente el ferrowolframio y el ferrosilicio. Asimismo, el Sn procede en gran parte, de piezas de bronce.

El As, así como el S y el P, suelen provenir de los minerales con los que se fabrica el arrabio y de los que más tarde, mediante el afino, se obtienen los aceros. Uno de los probables orígenes de S cuando se utilizan chatarras es cuando se emplean virutas no limpiadas de lubricantes.

El Sb tiene su origen, principalmente en la utilización de chatarras que contienen manijas de automóvil, parrillas de automóvil, y cuando se emplea arrabio para la fabricación de acero, su origen se encuentra en los minerales aunque en pequeños porcentajes.

El As también se ha encontrado en algunos coques.

c) Elementos residuales más comunes en los aceros

IV. 6 .

y efectos en sus propiedades mecánicas.

AZUFRE: Símbolo - S
Número atómico - 16
Masa atómica - 32.066
Densidad - 2.07 gr/cm³
Temperatura de Fusión - 112.8 °C
Temperatura de ebullición - 444.6 °C

El azufre siempre se ha considerado como gran enemigo del acerista procurándose su eliminación al máximo.

El azufre afecta en gran manera las propiedades de deformabilidad en caliente. El S se presenta en los aceros en forma de sulfuros, y estos sulfuros pueden adoptar varias formas según las condiciones de fabricación. Dichas formas pueden ser:

- 1) Sulfuros esferoidales
- 2) Sulfuros intergranulares
- 3) Sulfuros nodulares

Generalmente, son más frecuentes las dos primeras, y de ellas la más perjudicial es la del tipo 2), los sulfuros intergranulares forman películas alargadas en la dirección de la laminación y producen en la pieza laminada propiedades direccionales. Estas películas de sulfuros longitudinales interfieren en la difusión del carburo en sentido transversal, resultando entonces, después del temple, una martensita longitudinalmente continua y uniforme, pero también se

forman zonas ferríticas importantes y paralelas a las de mar tensita debido a los límites o separaciones altos en sulfuros y bajos en carbono.

Una pieza templada con esos sulfuros intergranulares contendrá límites de ferrita a través de la martensita, resultando muy sensible a la fatiga y con bajas característi cas transversales.

Se supone que el manganeso es el que regula la for mación de los distintos tipos de sulfuros. Pues bien, a pe sar de la presencia del manganeso en cantidades adecuadas, se pueden formar sulfuros intergranulares si se añade el suficiente aluminio para que todo el óxido de hierro desaparez ca. Por dicha causa se suelen formar estos sulfuros con adiciones de aluminio suficientemente altas para obtener tamaño de grano fino. Si se agrega más Al del requerido, entonces tiende a hacerse grano grueso y se forman sulfuros de forma nodular.

De lo anteriormente expuesto, se desprende que la adición de Al al acero, para encajar en las especificaciones de tamaño de grano, puede venir acompañado por la formación de sulfuros intergranulares, que harán al material sensible a la precipitación de ferrita en la estructura martensítica de templado, induciendo propiedades direccionales.

Pero, aparte de ello, con esos sulfuros intergranulares existe una fuerte tendencia a que aparezcan defectos

superficiales y fragilidad en caliente, y luego no sueldan por el laminado o forjado, dando lugar a la aparición de defectos.

De ahí, el interés que debe ponerse en evitar la formación de estos sulfuros, y cuando hay especificaciones de tamaño de grano del acero, el único camino a seguir es que el contenido de S baje lo más posible en el acero.

Según opiniones de especialistas, los porcentajes de azufre en el acero no deben exceder de 0.02%.

En algunos aceros destinados a corte rápido, se añaden intencionalmente porcentajes de azufre superiores al 0.12% para formar las fibras de sulfuros, que bajo la acción de la herramienta de corte se rompen, evitando que se forme una viruta continua prolongando la duración de la herramienta de corte.

La presencia del S en el acero. No se ha comprobado efecto alguno en lo referente a la resistencia a la tracción, límite de fluencia y límite de elasticidad.

El S disminuye el alargamiento, la resiliencia (resistencia al impacto), y aumenta en menor grado la dureza. No se ha comprobado que la presencia del S afecte la formación o aumento de carburos, pero sí favorece la segregación.

La resistencia a la herrumbre y a los ácidos se reduce por el S, particularmente en los aceros pobres en Mn. Con un contenido de 0.01 a 0.04%, ya se experimenta un nota-

ble empeoramiento.

Por lo que respecta a la deformación en frío, hasta 0.05% carece de importancia, pero al rebasar el 0.2% registra un empeoramiento notable. En la soldabilidad por autógena, el S aumenta la tendencia al agrietamiento: particularmente perjudicial en acción conjunta con C, O_2 y P.

La presencia de S disminuye la tenacidad, aumentando el efecto perjudicial la presencia conjunta del As.

Al parecer es la presencia de O_2 y S causa de envejecimiento en el acero.

FOSFORO: Símbolo - P
 Número atómico - 15
 Masa atómica - 30.97
 Densidad - 1.86 gr/cm³
 Temperatura de fusión - 44° C
 Temperatura de ebullición - 280° C

Este elemento es causa de dos problemas importantes para la calidad de los aceros: fragilidad y heterogeneidad producida por la segregación.

Las últimas investigaciones han demostrado que porcentajes hasta del 0.08% no resultan perjudiciales en la mayoría de los casos. Porcentajes más altos en los aceros al carbono, producen fragilidad en frío, dada su tendencia a originar estructuras groseras y segregadas.

El cromo y el cobre aumentan la tolerancia para el fósforo. El fósforo actúa en el acero como el carbono, proporcionando aumento de resistencia, dureza y límite elástico y disminuyendo la ductilidad. En consecuencia los aceros con bajo contenido de carbono, toleran mejor los contenidos en P. Igualmente que el S, el P eleva la resistencia al desgaste y mejora la maquinabilidad en los aceros de corte rápido.

Para aceros con contenido menor al 0.5% de carbono aumenta la resistencia y el límite elástico, disminuyendo - sensiblemente el alargamiento y la resiliencia.

Asimismo, como se mencionó, el P tiene una gran propensión a segregarse, sobre todo si el enfriamiento del acero es lento, formando zonas heterogéneas, que influyen desfavorablemente en la calidad del acero.

La formación de estructura en bandas después del laminado produce un aumento de las diferencias en las características longitudinales a transversales; también estas zonas segregadas tienden a provocar el crecimiento de grano por calentamiento a temperaturas elevadas.

Se ha demostrado experimentalmente, que el P aumenta la susceptibilidad de los aceros aleados a la llamada fragilidad de revenido, y que desplaza a temperaturas elevadas a las zonas de transición del diagrama Temperatura-Resi

liencia, sobre todo si el contenido rebasa el 0.02% de P.

De ahí que actualmente se tienda a fijar, para los aceros llamados de calidad, un contenido de P especificado en 0.02% máximo. En México debería tenderse a porcentajes más bajos.

Especialmente entre 0.05 y 0.46% de P la resistencia a la tracción aumenta aproximadamente a 4 kg/mm^2 por cada 0.01%, según datos experimentales. El límite de fluencia tiene un efecto aumentativo entre 0.05 y 0.46%; por encima de este rango se presenta un fuerte descenso.

Bajo escorias calizas el P tiene fuerte acción desoxidante; simultánea a cierto mejoramiento de la segregación de inclusiones no metálicas por un aumento de la fluidez.

El P aumenta particularmente la resistencia a los agentes atmosféricos de los aceros con cobre y, en parte, también la resistencia a la corrosión por agua de mar; sin embargo, el P disminuye la resistencia a los ácidos.

La resistencia al calor aumenta con la presencia de P sobre todo en los aceros sin alear y en los poco aleados al Ni y al Cu.

La capacidad de embutición debido a la presencia de P, disminuye en menor grado en el acero con alto contenido de carbono, pasando del 0.08%, produce fragilidad; con C menor a 0.15% no resulta perjudicial hasta un 0.14% de P.

Pero la presencia de este elemento aumenta la capacidad de forjabilidad en caliente.

El P aumenta la tendencia al agrietamiento de la soldadura, aunque sin efectos de temple; a veces, hasta 0.1% no se ha comprobado perjuicio. En la soldadura con soplete, hasta menos de 0.05% de P no resulta perjudicial.

La fragilidad en frío que confiere el P. En los aceros sulfurados por torno automático se obtienen superficies más lisas con 0.15% de P.

La templabilidad aumenta, particularmente con altas temperaturas de temple; notable aumento entre 0.06 y 0.08% de P, aunque existe la posibilidad de deformación y al agrietamiento.

Aumenta la fragilidad de revenido y fragilidad en caliente. El P, por lo general, es perjudicial, si ya existe tendencia a la fragilidad, particularmente en el acero al Cr-Ni. Ocurre especialmente con altos contenidos de C.

d) Elementos residuales provenientes de chatarras aleadas y sus efectos en las propiedades mecánicas del acero.

COBRE

Número atómico - 29

Masa atómica - 63.64

Densidad - 8.9 gr/cm³

Temperatura de fusión - 1083° C

Temperatura de ebullición - 2336°C

El Cu confiere al acero características de inoxidabilidad. Estos con porcentajes de 0.20% a 0.3% aumentan la resistencia a la corrosión atmosférica y disminuyen el ataque y solubilidad en los ácidos.

Por lo anterior, el empleo de dichos aceros llevando como elementos de aleación al cobre, ha sido muy importante, por lo que el cobre residual que hoy el día se encuentra presente en los aceros, es más alto.

Parece ser que el cobre, en contenidos pequeños de 0.20 a 0.40% produce un ligero aumento de la resistencia a la fricción, límite elástico aparente y dureza, y una pequeña disminución en el alargamiento y estricción por lo que influye desfavorablemente sobre la deformación en frío, la embutición y estirado. Esto ha hecho que en muchas normas se marquen especificaciones máximas de contenido en cobre para aceros de embutición.

También produce el cobre fragilidad en caliente. El cobre, aunque en pequeñas cantidades en el acero, se disuelve en la ferrita. Con un porcentaje de 0.60% de cobre, la templabilidad del acero se ve aumentada; por encima del 0.60%, el cobre empieza a producir efectos de endurecimientos por precipitación.

El cobre tiene tendencia a reducir la ductilidad

pero mejora la resistencia a la tracción.

El cobre en combinación con el cromo proporciona alta finura al grano del acero. El cobre se segrega ya marcadamente a partir del 0.09%.

Favorece el cobre la capacidad de embutición prácticamente a partir del 1%.

En general, hasta 0.06% de cobre, puede ocasionar agrietamientos en piezas soldadas, pero con porcentajes menores del 0.3% de Cu no resulta perjudicial para la soldadura.

ESTAÑO

Símbolo - Sn

Número atómico - 50

Masa atómica - 118.7

Densidad - 7.3 gr/cm³

Temperatura de fusión - 232° C

Temperatura de ebullición - 2270° C

Conocido es el efecto perjudicial del estaño en los aceros, principalmente sobre dos propiedades: deformabilidad en caliente y tenacidad. En relación con la primera propiedad, se asemeja al azufre, en lo relativo a la tenacidad, el estaño confiere fragilidad al acero, lo agria.

Se ha comprobado que el estaño en los aceros aumenta la resistencia a la tracción, el límite elástico y la du

reza. Se detectó por ejemplo, que con 0.1% de estaño en aceros de bajo contenido de carbono la carga de ruptura aumentaba 2 kg/mm^2 mientras que el alargamiento bajaba 0.8%. También encontró que un contenido de 0.08% de estaño en un acero de 0.6% de carbono, tiene un efecto desastroso en la ductilidad y resiliencia.

Se han encontrado muchos otros resultados, pero sin encontrar concordancia, ya que en las muestras utilizadas existe una variación notable en el contenido de carbono. Pero según opiniones de expertos, se ha llegado a considerar que un contenido de 0.20% de estaño empieza a causar efectos perjudiciales, en cuanto a valores de alargamiento y resiliencia se refiere.

Es éste un elemento que origina superficies defectuosas en las operaciones de trabajo en caliente y torna frágil el acero.

En los aceros templados y revenidos los efectos del estaño son menos pronunciados. En la proporción de cuatro a uno, el estaño tiene los mismos efectos que el fósforo; es decir, que 0.1% de estaño equivalen a 0.025% de fósforo.

CROMO

Símbolo - Cr

Número atómico - 24

Masa atómica - 52.01

Densidad - 7.19 gr/cm^3

Temperatura de fusión - 1890° C

Temperatura de ebullición - 2480° C

El cromo es un elemento formador de carburos, fortalece a la ferrita y aumenta la dureza, tenacidad y resistencia a la tracción de los aceros.

El cromo reduce la velocidad de temple, disminuye el crecimiento de grano, retarda la decarburación periférica y da mayor profundidad de dureza (templabilidad). Los aceros al cromo deforman bien en caliente, se mecanizan bien y son adecuados para endurecimientos parciales o por inducción.

Con porcentajes hasta del 5.50% confiere al acero, propiedades de conservar la dureza de revenido, aún con elevadas temperaturas. Los aceros al cromo facilitan el tratamiento térmico. El cromo aumenta la resistencia a la oxidación, y a la tracción a altas temperaturas.

La presencia de cromo en el acero aumenta la elasticidad, la resistencia al trabajo a altas temperaturas, la resistencia al desgaste y la capacidad de nitruración. En contrapartida el cromo reduce el alargamiento, reducción de área, la resistencia al impacto, la velocidad de enfriamiento y la forjabilidad.

El cromo compensa la influencia nociva del fósforo

con lo que respecta al envejecimiento.

Los aceros ferríticos de bajo carbono que contienen más de 15% de cromo no forman austenita al aplicar calor y tienden a formar estructura de grano grande a menos que se sujete a un trabajo en frío. El crecimiento de grano puede restringirse y la suavidad se mejora por la adición de nitrógeno. Estos aceros se utilizan a relativamente altas temperaturas sin fragilizarse excesivamente.

Para imanes permanentes, también se utilizan aceros con porcentajes de cromo.

TUNGSTENO Símbolo - W
 Número atómico - 74
 Masa atómica - 183.92
 Densidad - 19.3 gr/cm³
 Temperatura de fusión - 3665° C
 Temperatura de ebullición - 5110-6970° C

Es uno de los elementos fundamentales de los aceros rápidos. Se trata aquí de un componente que ayuda a mantener elevadas temperaturas y una estabilidad estructural, lo cual permite conservar la arista de corte en las herramientas, aunque éstas se recalienten.

El tungsteno o wolframio sin otros elementos de aleación, se utiliza para la fabricación de material eléctrico de alta remanencia y permeabilidad magnética.

Aleados con el cromo y el manganeso, producen aceros auto-templantes.

La solubilidad del W en hierro gamma puro es de 6% aproximadamente, en presencia de 0.25% de carbono la solubilidad máxima en austenita aumenta hasta un 11% más o menos. La solubilidad máxima del W en hierro alfa puro es de 32% aproximadamente disminuyendo a medida que baja la temperatura.

El W tiende fuertemente a formar carburos, ligeramente más que el molibdeno cuando está presente en el doble de la porción por peso. Contribuye en forma considerable al endurecimiento del acero (en forma disuelta) siendo más efectivo en pequeñas que en grandes proporciones.

La presencia de W aumenta la resistencia a la tracción aproximadamente 4 kg/mm^2 por cada 1% de tungsteno. También aumenta el límite elástico.

El W disminuye el alargamiento, la reducción de área, la velocidad de enfriamiento, en gran medida la forjabilidad y la maquinabilidad. Otro de los efectos de la presencia del W en el acero es que impide la corrosión inter-cristalina en los aceros austeníticos al cromo-níquel. Con 2.5% de W se perjudican los aceros al cromo-níquel resistentes al fuego. Por lo demás, el acero sin alea mejora su resistencia a altas temperaturas con un contenido de W de has

ta 5.58

La presencia de W disminuye la resiliencia a temperatura ambiente, sin embargo es favorable a bajas temperaturas.

MOLIBDENO

Símbolo - Mo

Número atómico - 42

Masa atómica - 95.94

Densidad - 10.2 gr/cm³

Temperatura de fusión - 2620° C

Temperatura de ebullición - 4800° C

Es un formador de carburos, y un estimulante a los demás elementos de aleación. Aleado solamente con el carbono ya incrementa la templeabilidad y aumenta la resistencia a la tracción a temperaturas normales y altas. Aleado con otros elementos, confiere a éstos propiedades más favorables.

El molibdeno es uno de los elementos que más favorece el tratamiento térmico, puesto que aumenta la penetración de temple, amplía los márgenes de forja (en pequeños porcentajes) y del tratamiento térmico, permite elevadas temperaturas de revenido lográndose estructuras idóneas, - aún a temperaturas elevadas, disminuye la susceptibilidad de que el acero sea frágil después del revenido, aumenta la resiliencia y el límite de fatiga, el molibdeno facilita

igualmente el mecanizado, principalmente cuando el acero - contiene cromo y níquel.

Con la presencia del molibdeno el alargamiento, la reducción de área y la velocidad de enfriamiento en el temple disminuyen. Aumenta la resistencia al impacto y al desgaste y favorece la nitrurabilidad.

VANADIO

Símbolo - V

Número atómico - 23

Masa atómica - 50.942

Densidad - 5.96 gr/cm³

Temperatura de fusión - 1710° C

Temperatura de ebullición - 3000° C

Este elemento de aleación en los aceros consigue - que el grano sea afinado y que el tratamiento térmico responda fácilmente. Igualmente tiene un valor muy apreciado como desoxidante disminuyendo las agregaciones y limpiando el acero en el proceso de colada. Para conseguir estos resultados son suficientes porcentajes del 0.15 a 0.20%.

El vanadio además aumenta la resistencia al choque, la resistencia a los movimientos alternos o fatiga, a la abrasión y la resistencia a la tracción, sin disminuir sensiblemente la ductibilidad.

El vanadio combina con el carbono, y por su afinidad con el nitrógeno, hace que el acero al vanadio pueda

ser endurecido superficialmente por cementación o carbonitruración.

El vanadio se encuentra en casi la mayoría de los aceros de herramienta, dado que produce aceros compactos y de grano fino, y facilita en gran medida los tratamientos térmicos.

La solubilidad máxima de vanadio en hierro gamma - puro es de 1 a 2%; en presencia de 0.20% de carbono la solubilidad del vanadio en la austenita aumenta a 4% aproximadamente. La solubilidad del vanadio en hierro alfa puro es infinita, aunque el compuesto de FeV puede formarse con cerca del 30% de vanadio. La tendencia a la formación de carburos es muy fuerte, pero en menor grado que con el titanio. El carbono y vanadio en solución en cantidad suficiente y a elevadas temperaturas, causan los máximos efectos de dureza secundaria observada. La formación de carburo especial durante el revenido es excesivamente efectiva. Los carburos ricos en vanadio parecen restringir el crecimiento del grano austenítico puesto que los aceros al vanadio aumentan el tamaño de grano solamente a temperaturas elevadas. La contribución en la dureza es muy marcada cuando está disuelto aún en pequeñas cantidades.

La forjabilidad se mejora con pequeñas adiciones de vanadio, especialmente en los aceros con poco carbono.

A mayores cantidades de carburo de vanadio se dificulta la forjabilidad.

La presencia del vanadio aumenta la resistencia al envejecimiento, sobre todo en los aceros de bajo contenido de carbono.

El vanadio aumenta la resistencia al impacto y la elasticidad. El acero se torna estable a altas temperaturas, y adquiere resistencia al desgaste y a la corrosión.

NIQUEL

Símbolo - Ni

Número atómico - 28

Masa atómica - 58.71

Densidad - 8.90 gr/cm³

Temperatura de fusión - 1455° C

Temperatura de ebullición - 3075° C

La solubilidad del Ni el hierro gamma es infinita. De 25 a 30% soluble en hierro alfa. El Ni permanece en la ferrita en presencia de alto carbono. Es catalizador de la grafitización. Contribuye a endurecer en una forma ligera y por lo tanto en composiciones que se pretende sean insensibles a un enfriamiento rápido. En cantidades efectivas tiende a retener austenita después de un enfriamiento rápido, en composición de carbono medio y alto y por lo tanto es útil para dar resistencia a los aceros no endurecidos.

El níquel produce aceros de alta o moderada dureza (dependiendo de la presencia de otros elementos), y necesita

una temperatura baja de temple para dar por resultado un acero muy tenaz. Sirve como catalizador de la tenacidad en los aceros perlítico-ferríticos. Los aceros de alto níquel tiene características especiales de expansión térmica y propiedades magnéticas. Los aceros que contienen níquel son particularmente convenientes para el proceso de endurecimiento superficial. Los aceros al níquel son resistentes a la fatiga y reducen la penetración del carbono en el acero que se va a carburizar.

Se sabe que a temperaturas bajas los aceros ferríticos sufren un deterioro en sus propiedades de tenacidad, el níquel tiene la propiedad de ser específico para este defecto, pues hace al acero más resistente a estas temperaturas. También proporciona a los aceros ferríticos una mayor resistencia a la corrosión atmosférica especialmente en -- atmósferas industriales y marinas.

El níquel mejora las propiedades del acero para la laminación. En tratamiento térmico, el níquel disminuye las temperaturas de temple, dando más tolerancias en las fajas - de temperatura, simplificando el tratamiento térmico, puesto que da un margen más amplio de seguridad en el control de - temperaturas.

El níquel apoya los efectos del cromo, molibdeno, tungsteno, etc., retarda el crecimiento de grano aún a eleva das temperaturas, disminuye la deformación y el peligro de -

grietas en el temple. Aumenta la resistencia a la oxidación.

La presencia del níquel aumenta la resistencia a la tracción aproximadamente de 2 a 5 kg/mm² por cada 1% de níquel, con 0.1 a 0.3% de carbono.

La presencia del níquel hace austeníticos a los aceros altos en cromo, aumenta el alargamiento, la reducción de área, la resistencia al impacto, y la elasticidad. En contrapartida, disminuye la dureza, la velocidad de enfriamiento, la forjabilidad, y la maquinabilidad.

COBALTO:

Símbolo - Co

Número atómico - 27

Masa atómica - 58.94

Densidad - 8.9 gr/cm³

Temperatura de fusión - 1495° C

Temperatura de ebullición - 2900° C aprox.

El cobalto posee la tendencia a disolverse en la ferrita. El grado máximo de solubilidad en la fase alfa es de aproximadamente del 75%, e ilimitado en la fase gamma. Produce efectos endurecedores sobre la ferrita, pero disminuye la capacidad de la templabilidad y no posee influencia sobre la dureza de revenido.

El cobalto, lo mismo que el cromo y el tungsteno, da por resultado aceros de elevada imantación remanente. Se encuentra principalmente en los aceros rápidos.

La presencia de cobalto en el acero lo hace resistente a la acción del HCl en concentraciones superiores al -

10%. En aceros rápidos al molibdeno, el cobalto mejora la -- forjabilidad y la tenacidad. Con la presencia de azufre y - cobalto aumenta el peligro de la fractura en rojo.

Por lo tanto, la presencia de cobalto en el acero nos incrementa la dureza, la resistencia, el límite elástico, la estabilidad a altas temperaturas, la velocidad de enfriamiento, la resistencia al desgaste, pero nos disminuye, el alargamiento, la reducción de área, la resistencia al impacto y la formación de cascarilla.

e) Elementos residuales poco comunes o que se en encuentran en muy reducidos porcentajes, y efectos en las propiedades mecánicas en el acero.

ARSENICO:

Símbolo - As

Número atómico - 33

Masa atómica - 74.92

Densidad - 5.727 gr/cm³

Temperatura de fusión - 610° C

El arsénico aun en contenidos muy bajos, causa fragilidad en caliente y aumenta la fragilidad en frío, prácticamente existe en todos los aceros, aunque en cantidades muy pequeñas.

El arsénico se segrega en el acero efervescente de la misma manera que lo hace el fósforo, y en el acero calmado, como el carbono, el fósforo y el azufre. No afecta la -- presencia de arsénico a la plasticidad en caliente siempre y

cuando no sea mayor del 1%. Altos contenidos de carbono y -arsénico, influyen en las propiedades de los aceros al soldar.

El arsénico aumenta la temperatura de transición de la martensita revenida. Aumenta la fragilidad de revenido de la martensita revenida.

El efecto del molibdeno en suprimir la fragilidad de revenido depende del contenido de arsénico en el acero.

En los aceros al cromo-níquel tratados, la presencia de insignificantes cantidades de arsénico, produce una fuerte pérdida de tenacidad. Este efecto es prácticamente nulo en los aceros al cromo-molibdeno. El arsénico en los aceros provoca efectos de envejecimiento y reduce la tenacidad a bajas temperaturas.

TITANIO:

Símbolo - Ti

Número atómico - 22

Masa atómica - 47.90

Densidad - 4,5 gr/cm³

Temperatura de fusión - 1668° C

Temperatura de ebullición - 3262° C

El titanio se disuelve en la ferrita. Tiene un grado máximo de solubilidad en la fase alfa aproximadamente del 6%.

Este elemento fija el carbono en forma de partículas inertes, reduce la dureza martensítica y la templabili-

dad en los aceros al cromo, dificulta la formación de austenita en los aceros altos en cromo, evita la pérdida de cromo en ciertas zonas de los aceros inoxidable durante calentamientos muy prolongados y origina envejecimiento.

Es un elemento que facilita la obtención de aceros compactos, disminuyendo las segregaciones. Hace que la solu dificación de los lingotes sea acelerada. Igualmente es un enérgico desoxidante, y retrasa considerablemente el aumento de grano en el tratamiento térmico a elevadas temperaturas. Por su fuerte afinidad para el carbono, reduce la penetración de temple, dado que el titanio dificulta la dispersión de los carburos y la formación de cementita.

La resistencia a la tracción aumenta debido a la presencia del titanio en porcentajes por debajo de 1.5%, dis minuyendo por encima de esto.

Disminuye la resiliencia con contenidos medios y altos de titanio (por autotemple); el acero rico en azufre mejora con pequeños contenidos de titanio. El titanio en los aceros al cromo-níquel impide la corrosión intercrystalina y se mejora la capacidad de embutición con 0.16% de titanio en los electroaceros. Perjudica la forjabilidad en contenidos elevados de titanio, pero, elimina la tendencia al agrietamiento superficial ~~mot~~ivada por el cobre.

El titanio aumenta la tenacidad, particularmente en los aceros austeníticos al cromo-níquel.

BORO: Símbolo - B
 Número atómico - 5
 Masa atómica - 10.82
 Densidad - 2.45 gr/cm³
 Temperatura de fusión - 2300° C

Es considerado como uno de los llamados aleantes - de adición. El boro tiene la capacidad de disolverse en la ferrita y no forma carburos, el grado de solubilidad en fase alfa es aproximadamente menor a 0.15% de boro y la solubilidad en la fase gamma es del 0.1% de boro, puede aumentar con el contenido de carbono, mejora un poco la tenacidad, no -- ejerce influencia sensible en la disminución de la dureza -- por revenido.

La adición adecuada de boro en los aceros no sólo mejora la templabilidad sino que también las propiedades de tracción. Igualmente es mejorada la resiliencia mediante la adición de boro en los aceros.

El boro es aleado en aceros de poca capacidad de temple, confiriéndoles un aumento efectivo de la resistencia a la tracción. El boro hace que la austenita sea más homogénea, que se reduzca la velocidad crítica de temple y que - la ferrita se vea reducida al máximo en los aceros tratados.

Intensifica extraordinariamente en concentraciones del orden de 0.005%, la templabilidad.

PLOMO:

Símbolo - Pb

Número atómico - 82

Masa atómica - 207.19

Densidad - 11.34 gr/cm³

Temperatura de fusión - 327.4° C

Temperatura de ebullición - 1750° C

El plomo incluido en el acero, facilita su maquinabilidad. Este elemento no forma aleación con el hierro, ni con los demás componentes del acero. No se ha encontrado - que el plomo afecte a alguna de las propiedades mecánicas - del acero, contrariamente a lo que ocurre con el azufre.

Algunos autores, establecen que los aceros automáticos al plomo, son superiores a los obtenidos con azufre.

ANTIMONIO:

Símbolo - Sb

Número atómico - 51

Masa atómica - 121.76

Densidad - 6.7 gr/cm³

Temperatura de fusión - 630° C

Temperatura de ebullición - 1380° C

Este elemento en proporciones del 0.4 a 0.5% reduce la tenacidad, y la ductilidad, no afectando prácticamente la resistencia a la tracción. En aceros al carbono hipoeutectoides, el antimonio puede encontrarse en porcentajes hasta del 0.6%, y el acero puede laminarse y forjarse sin mayor dificultad; en porcentajes más elevados produce fragilidad

en caliente en el acero.

El antimonio tiene influencia también sobre la fragilidad de revenido y parece ser que su efecto es varias veces mayor al del arsénico.

CIRCONIO: Símbolo - Zr
 Número atómico - 40
 Masa atómica - 91.22
 Densidad - 6.49 gr/cm³
 Temperatura de fusión - 1857° C
 Temperatura de ebullición - 2900° C

Ataca principalmente al oxígeno y al azufre. Como elemento de aleación residual, tiene los mismos efectos que el vanadio; aumenta la tenacidad y refina la estructura granular.

SELENIO: Símbolo - Se
 Número atómico - 34
 Masa atómica - 78.96
 Densidad - 4.8 gr/cm³
 Temperatura de fusión - 220° C
 Temperatura de ebullición - 688° C

Facilita la mecanización de los aceros altamente aleados. Tiene los efectos similares al azufre. Los porcentajes de selenio en los aceros como aleante son del 0.15 al 0.20% como máximo.

NIOBIO: Símbolo - Nb

IV.31.

Número atómico - 41

Masa atómica - 92.906

Densidad - 8.57 gr/cm³

Temperatura de fusión - 2500° C

Temperatura de ebullición - 3300° C

El niobio también llamado columbio, es uno de los llamados elementos raros. En la obtención de los aceros inoxidables, se emplea principalmente para evitar la corrosión intergranular. El niobio es un aleante, en aceros para herramienta, que su utilización requiere elevadas temperaturas, evitando así la tendencia de autotemple.

ALUMINIO: Símbolo - Al

Número atómico - 13

Masa atómica - 26.97

Densidad - 2.702 gr/cm³

Temperatura de fusión - 659.7° C

Temperatura de ebullición - 2057° C

El aluminio facilita la obtención de un acero con un tamaño de grano controlado. No obstante es necesario un riguroso control en su dosificación, dado que un exceso tiene a dar fragilidad al acero, descomponiéndose durante el recocido el carburo de hierro (cementita), transformándose en carbono grafitico. Se elimina esta tendencia en combinación con el cromo, ya que, afeados juntamente, forman importantes elementos de los aceros destinados a la nitruración. El alu

minio es igualmente uno de los mejores agentes desoxidantes en la obtención de los aceros.

El aluminio se disuelve en la ferrita y no forma carburos. Su grado máximo de solubilidad en la fase alfa es del 36%.

De este elemento se desconoce su influencia sobre la dureza, la resistencia a la tracción, límite elástico, la velocidad de enfriamiento, resistencia al desgaste. Pero disminuye fuertemente el alargamiento, sobre todo en porcentajes mayores al 5%. También disminuye la maquinabilidad, la forjabilidad y el envejecimiento.

f) Consideraciones.

Por lo expuesto se aprecia que los elementos residuales presentes en un acero, lo afectan de una manera más o menos directa, según el contenido y variedad de dichos elementos influyen sobre la deformación en caliente del acero, causan aparición de defectos superficiales durante el trabajo en caliente, alteración de las características mecánicas del acero, y tienen efecto sobre la transformación microestructural en los tratamientos térmicos, sobre todo en el temple y revenido.

CAPITULO V

MUESTRAS DE ACEROS FABRICADOS EN MEXICO

1) Empresa: INDUSTRIAS C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: 32988 (sección de 1", normalizado)

Composición química (%). (determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	P	S	Cr
0.39	1.41	0.22	0.010	0.019	0.09
Ni	Mo	Cu	Al	Ti	Sb
0.08	0.03	0.11	0.026	0.016	0.010

Correspondencia según normas: SAE y AISI 1541 E
(anteriormente 1041)

Composición química según norma: (%)

C	Mn	Si	Pmáx.	Smáx.
0.36-0.44	1.35-1.65	0.10-0.30	0.040	0.050

Correspondencia con otras normas internacionales:

Alemania: VDEh (36Mn5)

C	Si	Mn	Pmáx	Smáx
0.36	0.25	1.05	0.035	0.035

Bélgica: UG Dynamic EM

C	Si	Mn	Pmáx	Smáx
0.35	0.35	1.65	0.040	0.040

Inglaterra: B.S. En 15A

C	Si	Mn	Pmáx	Smáx
0.35	0.30	1.45	0.060	0.060

Francia AFNOR (45M5)

C	Si	Mn	P y S máx
0.39-0.48	0.10-0.40	1.2-1.6	0.040

Rumania: STAS (36M17)

C	Si	Mn	P y S máx
0.33-0.40	0.17-0.35	1.55-1.80	0.035

Suecia: SIS (2120)

C	Si	Mn	P y S máx
0.38-0.45	0.15-0.45	1.20-1.60	0.030

Clasificación de elementos residuales:

Cr, Ni, Mo, Cu, Al, Ti, Sb.

% totales de elementos residuales: 0.362%

T recocido - 680 a 720 °C

T normalizado - 850 a 880 °C

T temple - 820 a 850 °C

Propiedades mecánicas según norma:

- Límite elástico aparente mínimo: 40-55 Kg/mm²
- Resistencia a la tensión: 65-90 Kg/mm²
- Alargamiento: 13-18% (L=5d %) min

- Reducción de área: 40-55 %
- Dureza: 217 HB 30

Usos más frecuentes: Flechas de motor, constituye un material ideal para la fabricación de flechas de gran tamaño.

2) Empresa: INDUSTRIAS C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: MUESTRA NUMERO 1 (sección de 1")

Composición química (%). (determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
0.999	0.33	0.30	0.012	0.015	1.50	0.086
Mo	W	Cu	Al	Ti	Sn	B
0.02	0.041	0.19	0.048	0.004	0.020	0.0007

Correspondencia según normas: SAE y AISI: 52100 y E 52100

Composición química según norma:

C	Mn	Si	Pmáx y Smáx	Cr
0.95-1.10	0.25-0.45	0.20-0.35	0.025	1.30-1.60

Correspondencia con otras normas internacionales:

Alemania: VDEh 100 Cr6

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
1.00	0.35	0.25	0.030	0.025	1.55

Bélgica: LC 1.5 (Dynampoint)

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
1.1	0.40	0.30	0.040	0.040	1.50

V.4.

Inglaterra: B.S. En 31

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr
0.90-1.20	0.30-0.75	0.10-0.35	0.05	0.05	1.00-1.60

Francia: ANFOR 100 C6

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr
0.95-1.10	0.25-0.45	0.10-0.40	0.030	0.030	1.30-1.60

España: IHA F-131

C	Mn	Si	Cr
0.95-1.20	0.40	0.10-0.35	1.40-1.80

Clasificación de elementos residuales:

Ni, Mo, W, Cu, Al, Ti, Sn, y B.

% total de elementos residuales: 0.321 %

Temperatura de recocido: 750-800°C

Temperatura de normalizado: 870-900°C

Temperatura de temple: 830-870°C, medio de temple: aceite

Temperatura de revenido: 150-170°C

Propiedades mecánicas según norma:

- Dureza: 135 HB

- Límite elástico: 45 Kg/mm²

- Resistencia a la tensión: 60-70 Kg/mm²

- Alargamiento: 18%

- Reducción de área: 45-55 %

Usos más frecuentes: Cojinete de bolas, balines, poleas, rodillos, partes mecánicas que se encuentran sometidas a grandes esfuerzos y excesivo desgaste.

3) Empresa: INDUSTRIA C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: MUESTRA NUMERO 2 (sección de 1")

Composición química (%). (Determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
0.987	0.335	0.306	0.013	0.017	1.50	0.090
Mo	W	Cu	Al	Ti	Sn	B
0.02	0.047	0.19	0.050	0.005	0.020	0.0008

Correspondencia según norma: SAE y AISI: 52100 y E52100

Composición química según norma:

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}	Cr
0.95-1.10	0.25-0.45	0.20-0.35	0.025	1.30-1.60

Correspondencia con otras normas internacionales:

Alemania: VDEh 100 Cr6

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr
1.00	0.35	0.25	0.030	0.025	1.55

Bélgica: LC 1.5 (Dynapoint)

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr
1.1	0.40	0.30	0.040	0.040	1.50

Inglaterra: B.S. En 31

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
0.90-1.20	0.30-0.75	0.10-0.35	0.05	0.05	1.00-1.60

Francia: ANFOR 100 C6

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
0.95-1.10	0.25-0.45	0.10-0.40	0.030	0.030	1.30-1.60

España: IHA F-131

C	Mn	Si	Cr
0.95-1.20	<0.40	0.10-0.35	1.40-1.80

Clasificación de elementos residuales:

Ni, Mo, W, Cu, Al, Ti, Sn y B

% total de elementos residuales: 0.4228 %

Temperatura de recocido: 750-800°C

Temperatura de normalizado: 870-900°C

Temperatura de temple: 830-870°C, medio de enfriamiento:
aceite

Temperatura de revenido: 150-170°C

Propiedades mecánicas según norma:

- Dureza: 135 HB

- Límite elástico: 45 Kg/mm²- Resistencia a la tensión: 60-70Kg/mm²

- Alargamiento: 18 %

- Reducción de área: 45-55 %

Usos más frecuentes: Cojinetes de bolas, balines, rodillos y partes mecánicas que se encuentran sometidas a grandes esfuerzos y excesivo desgaste.

4) Empresa: INDUSTRIA C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: MUESTRA NUMERO 3 (sección de 1"

Composición química (%). (determinado por espectrometría).

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
0.952	0.327	0.279	0.011	0.013	1.47	0.079
Mo	W	Cu	Al	Ti	Sn	B
0.010	0.024	0.16	0.040	0.0040	0.018	0.0003

Correspondencia según norma: SAE y AISI: 52100 y E52100

Composición química según norma:

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}	Cr
0.95-1.10	0.25-0.45	0.20-0.35	0.025	1.30-1.60

Correspondencia con otras normas internacionales:

Alemania: VDEh 100 Cr6

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr
1.00	0.35	0.25	0.030	0.025	1.55

Bélgica: LC 1.5 (Dynapoint)

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr
1.1	0.40	0.30	0.040	0.040	1.50

Inglaterra: B.S. En 31

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
0.90-1.10	0.25-0.45	0.10-0.35	0.050	0.050	1.00-1.60

Francia: ANFOR 100 C6

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
0.95-1.10	0.25-0.45	0.10-0.40	0.030	0.030	1.30-1.60

España: IHA F-131

C	Mn	Si	Cr
0.95-1.20	≤0.40	0.10-0.35	1.40-1.80

Clasificación de elementos residuales:

Ni, Mo, W, Cu, Al, Ti, Sn y B

% total de elementos residuales: 0.335 %

Temperatura de recocido: 750-800°C

Temperatura de normalizado: 870-900°C

Temperatura de temple: 830-870°C, medio de enfriamiento:
aceite.

Temperatura de revenido: 150-170°C

Propiedades mecánicas según norma:

- Dureza: 135 HB

- Límite elástico: 45 Kg/mm²

- Resistencia a la tensión: 60-70 Kg/mm²

- Alargamiento: 18%

Reducción de área: 45-55 %

Usos más frecuentes: Cojinete de bolas, balines, rodillos y partes mecánicas que se encuentran sometidas a grandes esfuerzos y excesivo desgaste.

5) y 6) Empresa: ACEROS SOLAR, S.A.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: ACERO INOXIDABLE (sección de 1 ¼")

Composición química (%). (Determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	P	S	Cr
0.09	1.35	0.47	0.035	0.08	16.60
Ni	Mo	Cu	Al	Ti	Sb
14.0	2.16	0.19	0.06	0.002	0.06

Correspondencia según norma: AISI 316 F

Composición química según norma:

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr	Ni	Mo
< 0.08	1.5	0.5	0.130	0.150	16.0-18.0	12-14	2.0-2.5

Correspondencia con otras normas internacionales:

Alemania: VDEh S Cr Ni Mo 18 12

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}	Cr	Ni	Mo
0.07	2.0	1.0	-	-	17.50	13.0	2.75

Inglaterra: B.S. Grade 6

C	Mn	Si	Pmáx
0.08	0.50-2.0	0.20-1.0	0.040
Smáx	Cr	Ni	Mo
0.040	16.50-18.50	10.0-12.0	2.50-3.0

Francia: AFNOR Z6 CND 18-12

C	Mn	Si	Pmáx
0.07	2.0	1.0	-
Smáx	Cr	Ni	Mo
-	16.0-19.0	10.0-14.0	2.0-3.0

Japón: JIS Sus 32B

C	Mn	Si	Pmáx
0.08	2.0	1.0	0.040
Smáx	Cr	Ni	Mo
0.030	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0

Suecia: SIS 2843

C	Mn	Si	Pmáx
0.07	2.0	1.0	0.040
Smáx	Cr	Ni	Mo
0.030	16.50-19.0	10.0-13.50	2.5-3.0

Clasificación de elementos residuales: Cu, Al, Ti, Sb

% total de elementos residuales: 0.312 %

Temperatura de recocido: 750-800°C, enfriado al aire

Temperatura de temple: 1050-1100°C, enfriado al aire

Propiedades mecánicas según norma:

- Límite elástico: 20 Kg/mm²
- Resistencia a la tensión: 50-70 Kg/mm²
- Alargamiento (L=5d): 45 %
- Reducción de área: 50 %
- Módulo de elasticidad: 20,300 Kg/cm²
- Dureza: 130-180 HB
- Densidad: 7.8 gr/cm³
- Conductividad térmica: 0.035 cal/cm .s.°C
- Resistencia eléctrica: 0.75 ohm. mm²/m

Usos: Se utiliza para la fabricación para equipo químico, para el manejo de carnes, fotográfico y de alimentos.

7) Empresa: INDUSTRIA C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: 23477 (sección de 1", normalizado)

Composición química (%). (Determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	P	S	Cr
0.20	0.82	0.30	0.012	0.019	0.53

Ni	Mo	Cu	Al	Ti	Sb
0.52	0.19	0.24	0.042	0.003	0.016

Correspondencia según normas: SAE y AISI: 8620 H,
acero al bajo Ni-Cr-Mo

Composición química según norma: (3)

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}
0.18-0.25	0.70-0.90	0.20-0.35	0.040
Cr	Ni	Mo	
0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.20	

Correspondencia con otras normas internacionales:

Bélgica: CN 0.5C 0.5 Mo

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}
0.20	0.80	0.25	0.040
Cr	Ni	Mo	
0.50	0.55	0.20	

Francia: 20 NCD2

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}
0.18-0.23	0.70-0.90	0.10-0.40	0.040
Cr	Ni	Mo	
0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.20	

Italia: 15 CND 3

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}
0.13-0.18	0.70-1.0	0.35	0.035
Cr	Ni	Mo	
0.50-0.80	0.40-0.70	0.15-0.20	

Japón: SNCM 21

C	Mn	Si	P _{máx} y S _{máx}
0.17-0.23	0.60-0.90	0.15-0.35	0.030
Cr	Ni	Mo	
0.40-0.65	0.40-0.70	0.15-0.30	

Clasificación de elementos residuales: Cu, Al, Ti y Sb

% total de elementos residuales: 0.301 %

Temperatura de recocido: 650-700°C

Temperatura de temple: 740-780°C; medio de enfriamiento:
aceite

Temperatura de revenido: menor a 500°C

Propiedades mecánicas según norma:

Límite elástico: 42 Kg/mm² min.Resistencia a la tracción: 58-72 Kg/mm² min.

Alargamiento (L=5d % min): 9%

Reducción de áreas % = 50 -60 %

Dureza: 160 HB 30

Usos más frecuentes: Piezas mecánicas que se encuentran sometidas a temperaturas moderadas y esfuerzos de responsabilidad moderada, por ejemplo: flechas de pequeña longitud, ruedas dentadas, abrazaderas, piezas roscadas, etc.

8) Empresa: INDUSTRIAS C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: 32977 (sección de 1", normalizado)

Composición química (%). (Determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	P	S	Cr
0.16	0.74	0.24	0.01	0.022	0.11
Ni	Mo	Cu	Al	Ti	Sb
0.27	0.05	0.16	0.036	0.002	0.014

Correspondencia según normas: SAE y AISI: 1018

Composición química según norma: (%)

C	Mn	Si	P _{máx}	S _{máx}
0.15-0.20	0.60-0.90	0.10-0.20	0.040	0.040

Correspondencia con otras normas internacionales:

Alemania: VDEh (CK15)

C	Si	Mn	P _{máx}	S _{máx}
0.15	0.25	0.40	0.035	0.035

Bélgica: UG Dynamic 15

C	Si	Mn	P _{máx}	S _{máx}
0.15	0.35	0.65	0.040	0.040

Italia: UNI C15

C	Si	Mn	P _{máx}	S _{máx}
0.12-0.18	0.35	0.30-0.70	0.035	0.035

Japón: JIS 515 CK

C	Si	Mn	P _{máx}	S _{máx}
0.12-0.18	0.15-0.35	0.30-0.60	0.035	0.040

Suecia: SIS 1370

C	Si	Mn	P _{máx}	S _{máx}
0.13-0.18	0.18-0.35	0.25-0.80	0.035	0.030

Clasificación de elementos residuales:

Cr, Cu, Al, Ti y Sb.

% total de elementos residuales: 0.301 %

Temperatura de recocido: 650-700°C

Temperatura de normalizado: 890-920°C

Temperatura de carburización: 850-880°C

Temperatura de temple: 890-920°C

Propiedades mecánicas según norma:

- Dureza Brinel: 140 HB30

- Límite elástico aparente mínimo: 30 Kg/mm²
- Resistencia a la tensión: 50-65 Kg/mm²
- Alargamiento (porcentaje mínimo) 16%
- Reducción de área % = 50%

Usos: Pequeñas partes de máquinas; como levas, eslabones, bujes, pernos, etc. Es un material apropiado para cementar.

9) Empresa: INDUSTRIAS C.H.

Proceso de obtención: HORNO ELECTRICO

Tipo: 23486 (sección de 1" normalizado)

Composición química (%). (Determinado por espectrometría)

C	Mn	Si	Pmáx	Smáx	Cr
0.19	0.85	0.32	0.013	0.036	0.60
Ni	Mo	Cu	Al	Ti	Sb
0.44	0.20	0.24	0.048	0.003	0.016

Correspondencia según normas: SAE y AISI: 8620 H, acero al bajo Ni-Cr-Mo

Composición química según norma: (%)

C	Mn	Si	Pmáx y Smáx
0.18-0.25	0.70-0.90	0.20-0.35	0.040
Cr	Ni	Mo	
0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.20	

Correspondencia con otras normas internacionales:

Bélgica: CN 0.5C 0.5Mo

C	Mn	Si	Pmáx y Smáx	Cr	Ni	Mo
0.20	0.80	0.25	0.040	0.50	0.55	0.20

Francia: 20 NCD2

C	Mn	Si	Pmáx y Smáx
0.18-0.23	0.70-0.90	0.10-0.40	0.040
Cr	Ni	Mo	
0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	

Italia: 15 CND3

C	Mn	Si	Pmáx y Smáx
0.13-0.18	0.70-1.00	0.35	0.035
Cr	Ni	Mo	
0.50-0.80	0.40-0.70	0.15-0.20	

Japón: JIS SNCM21

C	Mn	Si	Pmáx y Smáx
0.17-0.23	0.60-0.90	0.15-0.35	0.030
Cr	Ni	Mo	
0.40-0.65	0.40-0.70	0.15-0.30	

Clasificación de elementos residuales: Cu, Al, Ti y Sb.

% total de elementos residuales: 0.304 %

Temperatura de recocido: 650-700°C

Temperatura de temple: 740-780°C; medio de enfriamiento:
aceite.

Temperatura de revenido: menor a 500°C

Propiedades mecánicas según norma:

- Límite elástico: 42 Kg/mm² min.
- Resistencia a la tracción 58-72 Kg/mm² min.
- Alargamiento (L=5d % min): 9%
- Reducción de área % = 50-60%
- Dureza: 160 HB 30

Usos más frecuentes: Piezas mecánicas que se encuentran sometidas a temperaturas moderadas y esfuerzos de responsabilidad moderada, por ejemplo: flechas de pequeña longitud, ruedas dentadas, abrazaderas, piezas roscadas, etc.

CAPITULO VI
ANALISIS DE MUESTRAS DE ACEROS
FABRICADOS EN MEXICO

Muestra N° 1
Tipo: 32988

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	114.27 kg/mm ²	65-90 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	67.0 kg/mm ²	40-55 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	12.80	13-18 %
REDUCCION DE AREA %	36.73	40-55 %
DUREZA	238.21 HB	217 HB

MEMORIA DE CALCULO

Resistencia a la tracción: $\frac{6.950}{60.82} = 114.27 \text{ kg/mm}^2$

Límite elástico: $\frac{4.075}{60.82} = 67.0 \text{ kg/mm}^2$

Alargamiento % : $\frac{87.2-77.3}{77.3} \times 100 = 12.80 \%$

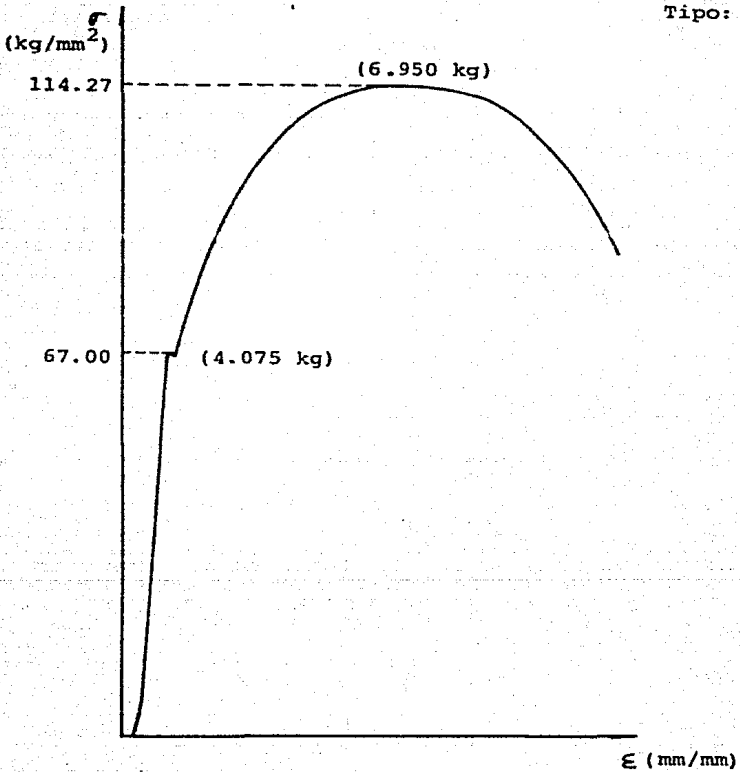
Reducción de área: $\frac{60.82-38.48}{60.82} \times 100 = 36.73 \%$

Dureza: 238.21 HB

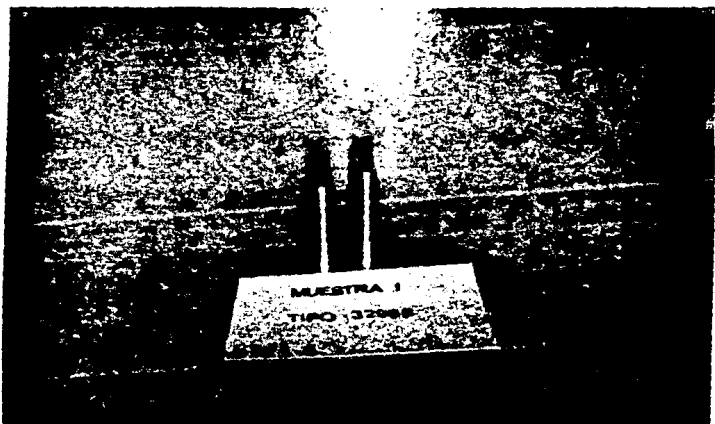
CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 1

Tipo: 32988



VI.3.



Muestra N° 2

Tipo: 1

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	89.60 kg/mm ²	60-70 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	53.02 kg/mm ²	45 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	17.59 %	18 %
REDUCCION DE AREA	56.56 %	45-55 %
DUREZA	162.24 HB	135 HB

MEMORIA DE CALCULO

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{5.450}{60.82} = 89.6 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.300}{60.82} = 54.25 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{90.9 - 77.3}{77.3} \times 100 = 17.59 \%$$

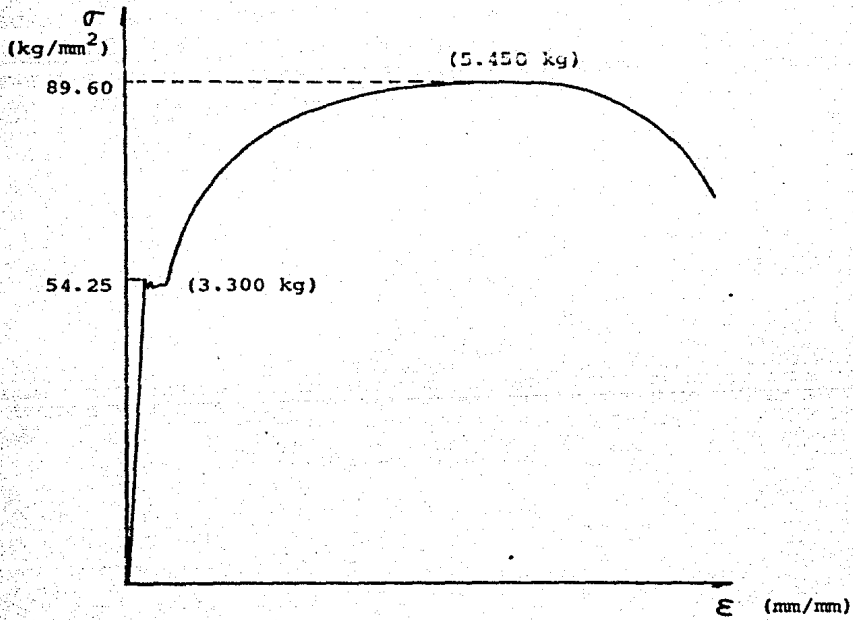
$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 26.42}{60.82} \times 100 = 56.56 \%$$

$$\text{Dureza: } 162.24 \text{ HB}$$

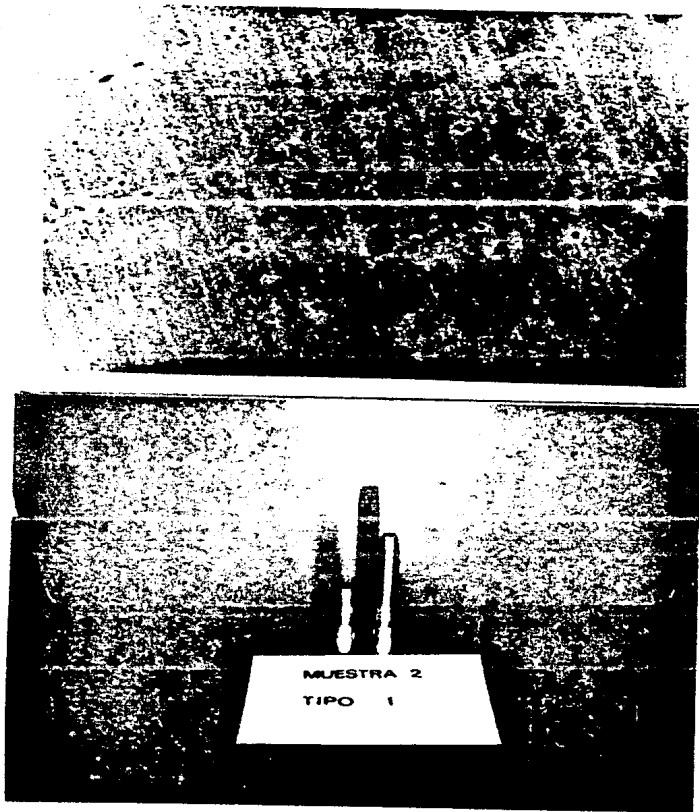
CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 2

Tipo: 1



VI. 6.



VI.7.

Muestra N° 3

Tipo: 2

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	90.01 kg/mm ²	60-70 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	57.13 kg/mm ²	45 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	17.85 %	18 %
REDUCCION DE AREA .	60.95 %	45-55 %
DUREZA	162.24 HB	·135 HB

MEMORIA DE CALCULO

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{5.475}{60.82} = 90.01 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.475}{60.82} = 57.13 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{91.1 - 77.3}{77.3} \times 100 = 17.85 \%$$

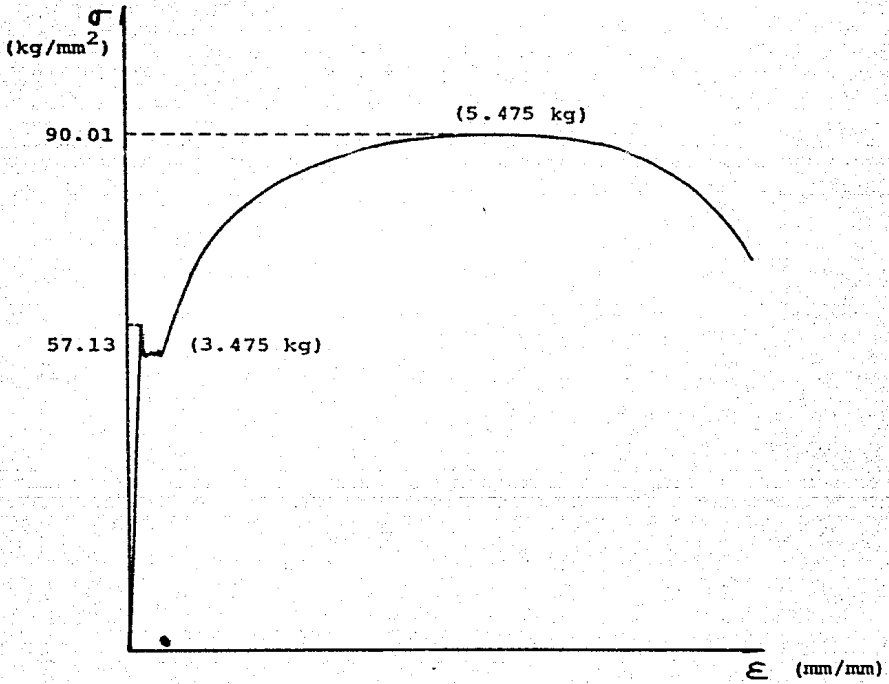
$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 23.75}{60.82} \times 100 = 60.95 \%$$

$$\text{Dureza: } 162.24 \text{ HB}$$

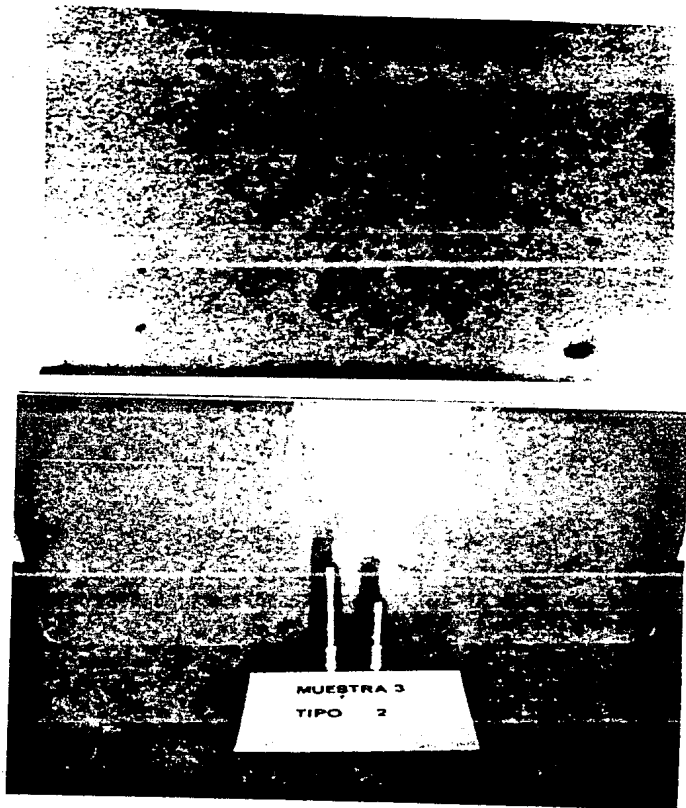
CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

MUESTRA N° 3

Tipo: 2



VI.9.



VI.10.

Muestra N° 4

Tipo: 3

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	90.43 kg/mm ²	60.70 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	57.54 kg/mm ²	45 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	16.68 %	18 %
REDUCCION DE AREA	58.05 %	45-65 %
DUREZA	140.71 HB	135 HB

MEMORIA DE CALCULO

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{5.500}{60.82} = 90.43 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.475}{60.82} = 57.13 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{90.2 - 77.3}{77.3} \times 100 = 16.68 \%$$

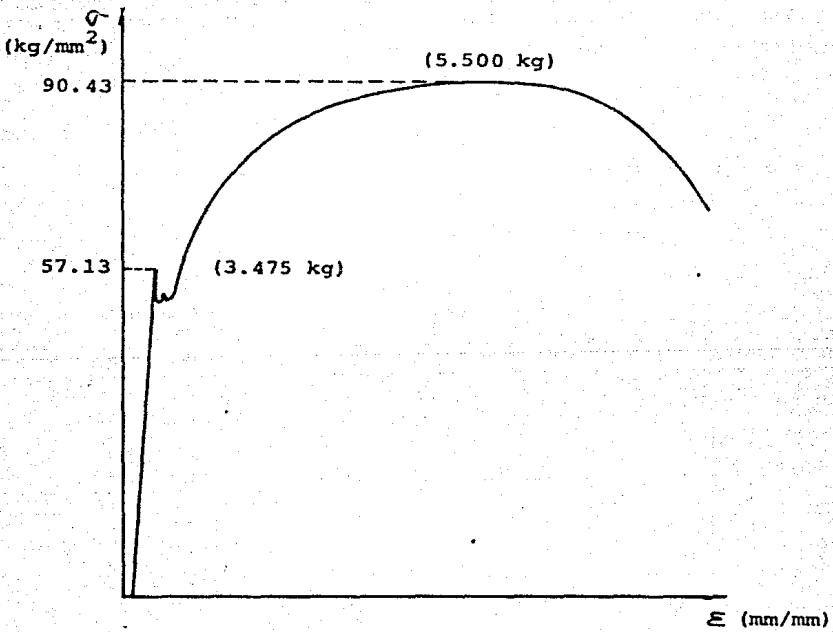
$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 25.51}{60.82} \times 100 = 58.05 \%$$

$$\text{Dureza: } 140.71 \text{ HB}$$

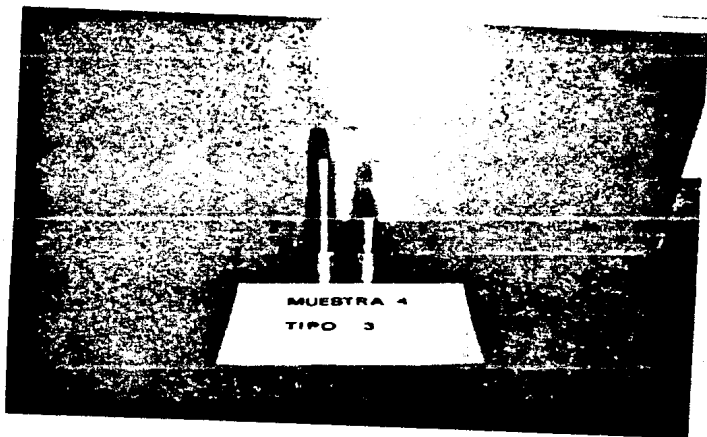
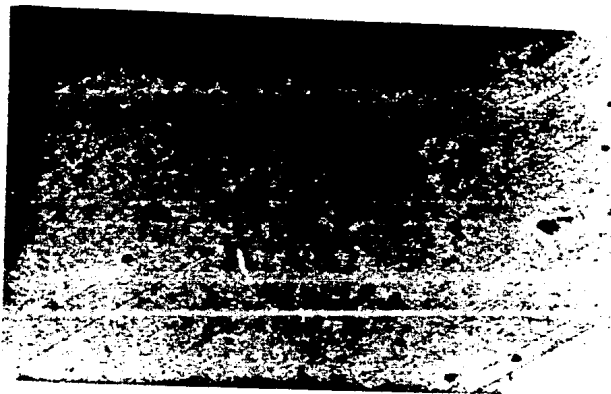
CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

MUESTRA N° 4

Tipo: 3



VI.12.



Muestras N° 5 y N° 6

Tipo: Acero inoxidable

Tipo: Acero inoxidable A

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	91.66 kg/mm ² 91.25 kg/mm ²	50-70 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	55.49 kg/mm ² 55.49 kg/mm ²	20 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	43.59 % 42.30 %	45 %
REDUCCION DE AREA	86.36 % 81.35 %	50 %
DUREZA	162.24 HB 140.71 HB	130-180 HB

MEMORIA DE CALCULO

Muestra N° 5

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{5.575}{60.82} = 91.66 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.375}{60.82} = 55.49 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{111 - 77.3}{77.3} \times 100 = 43.59 \%$$

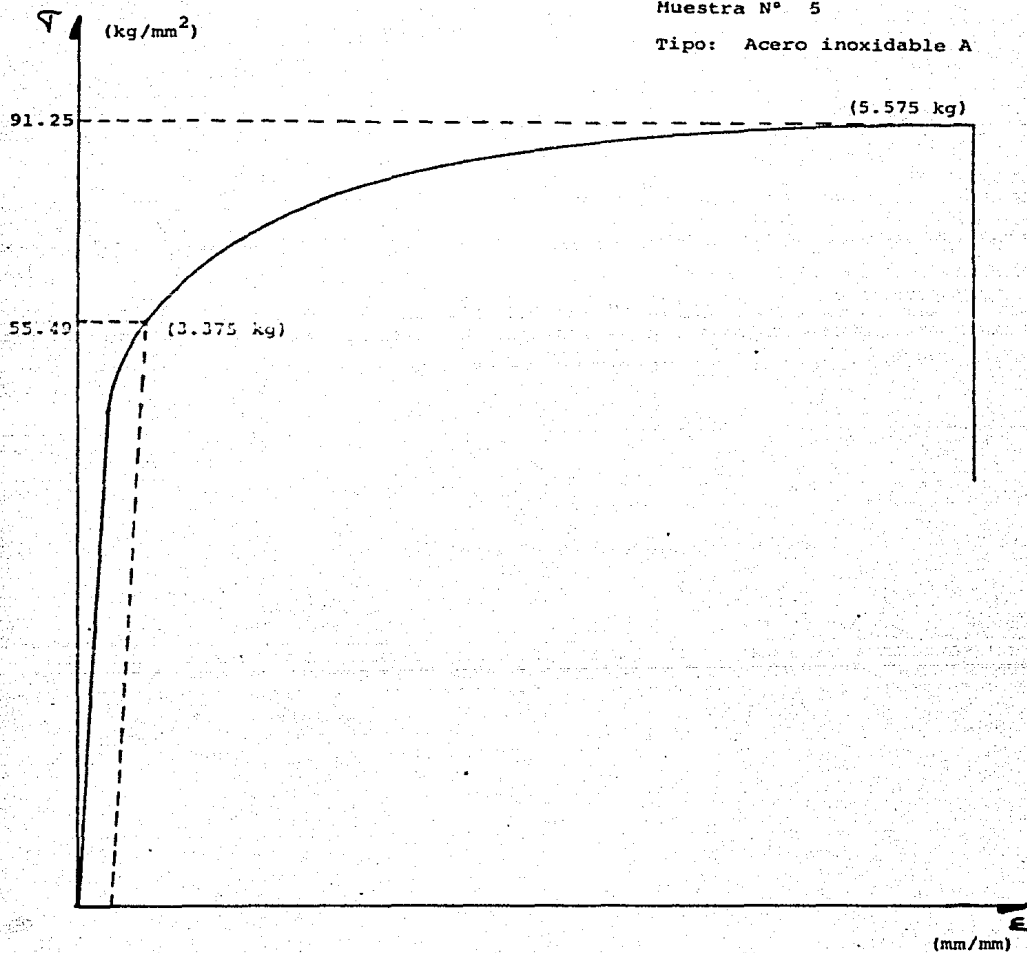
$$\text{Reducción de área \% : } \frac{66.82 - 11.94}{66.82} \times 100 = 80.36 \%$$

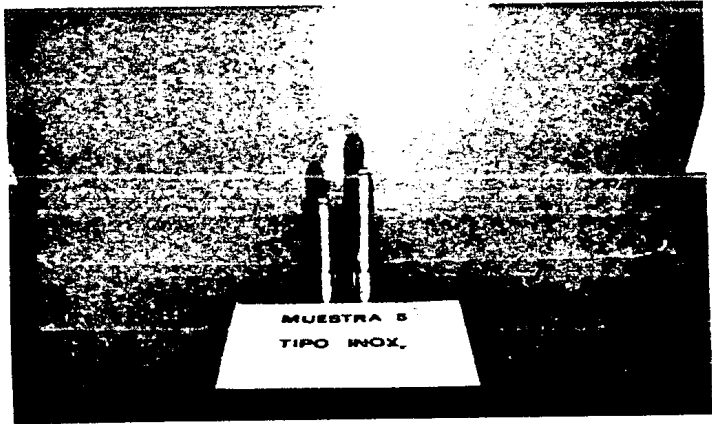
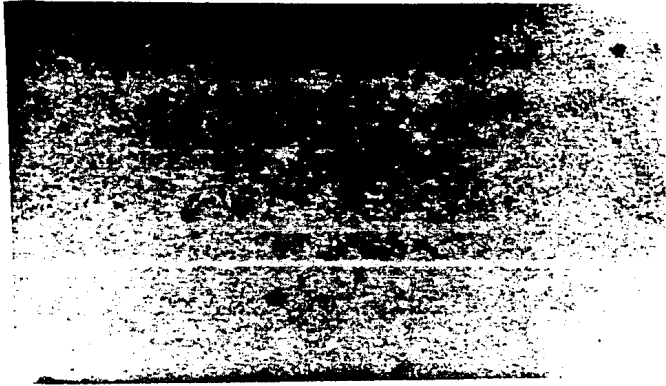
$$\text{Dureza: } 140.71 \text{ HB}$$

Vi.14.

Muestra N° 5

Tipo: Acero inoxidable A





Muestra N° 6

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{5.550}{60.82} = 91.25 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.375}{60.82} = 55.49 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{110 - 77.3}{77.3} \times 100 = 42.30 \%$$

$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 11.34}{60.82} \times 100 = 81.35 \%$$

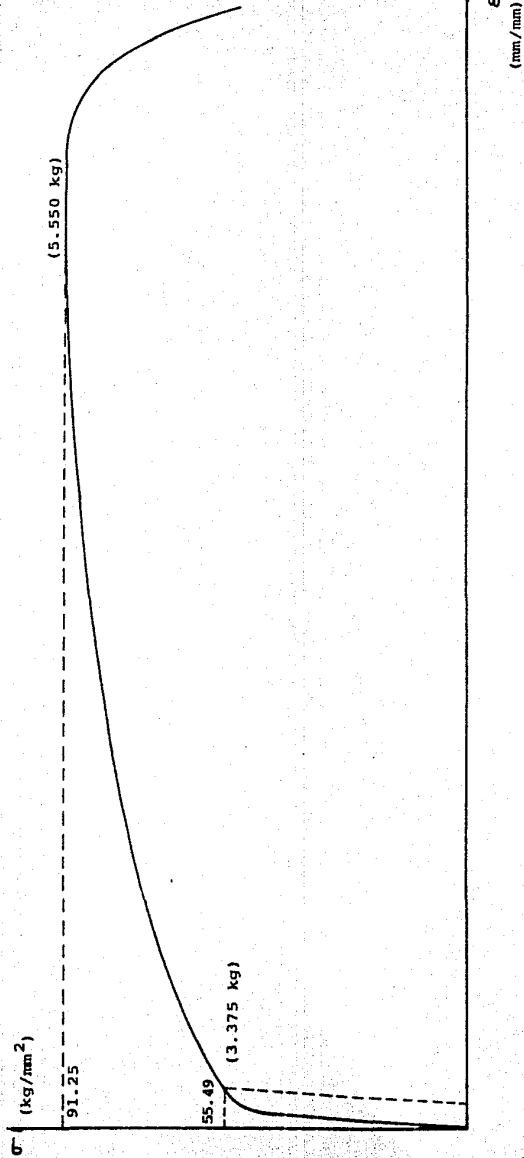
Dureza: 140.71 HB

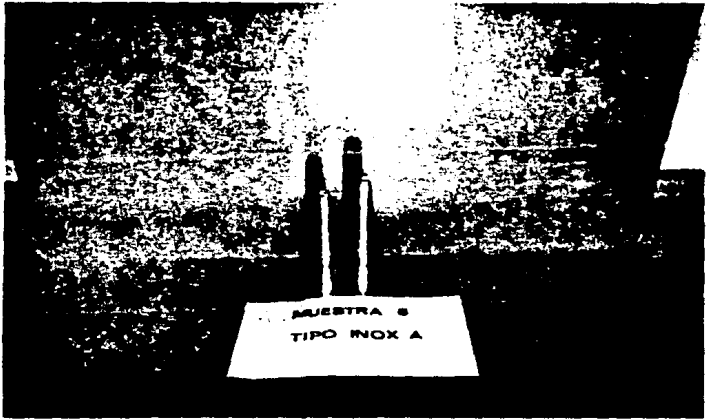
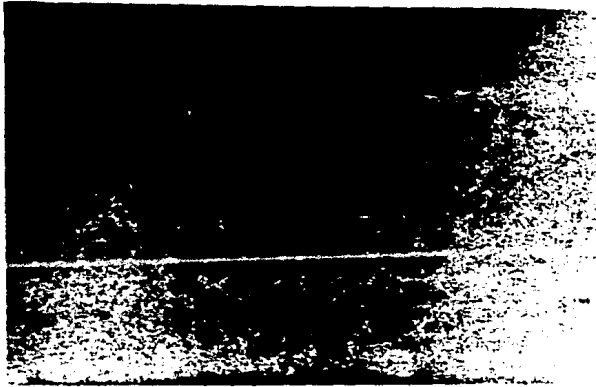
VI.17.

CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 6

Tipo: Acero inoxidable





VI.19.

Muestras N° 7 y N° 7'

Tipo: 23477 A

Tipo: 23477 con tratamiento térmico

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	80.56 kg/mm ² 106.87 kg/mm ²	58-72 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	57.13 kg/mm ² 69.05 kg/mm ²	42 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	13.45 % 20.43 %	9 %
REDUCCION DE AREA	50.30 % 63.72 %	50-60 %
DUREZA	196.76 HB 238.21 HB	160 HB

MEMORIA DE CALCULO

Muestra N° 7

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{4.900}{60.82} = 80.56 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.475}{60.82} = 57.13 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{87.7 - 77.3}{77.3} \times 100 = 13.4 \%$$

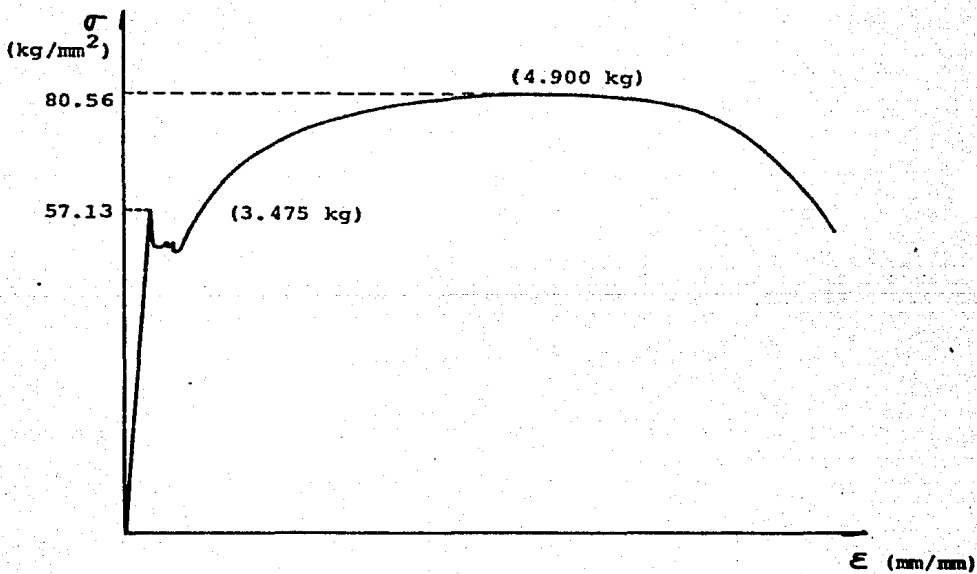
$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 30.19}{60.82} \times 100 = 50.36 \%$$

$$\text{Dureza: } 196.76 \text{ HB}^{\sim}$$

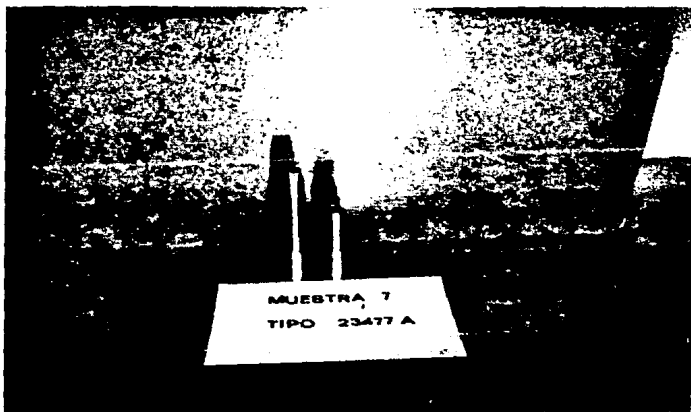
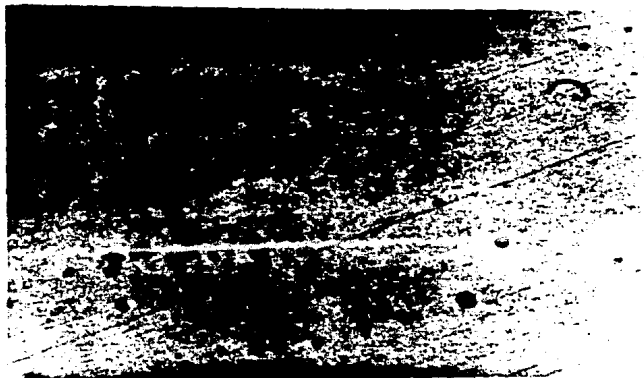
CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 7

Tipo: 23477



VI.21.



Muestra N° 7'

Tipo: 23477

con tratamiento térmico

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{6.500}{60.82} = 106.87 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{4.200}{60.82} = 69.05 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{93.1 - 77.3}{77.3} \times 100 = 20.43 \%$$

$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 22.06}{60.82} \times 100 = 63.72 \%$$

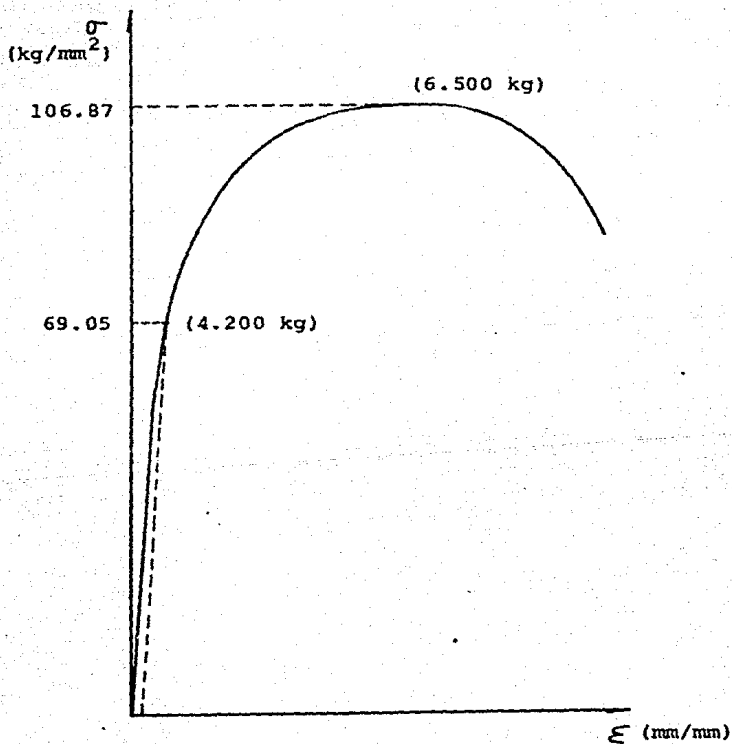
Dureza: 238.21 HB

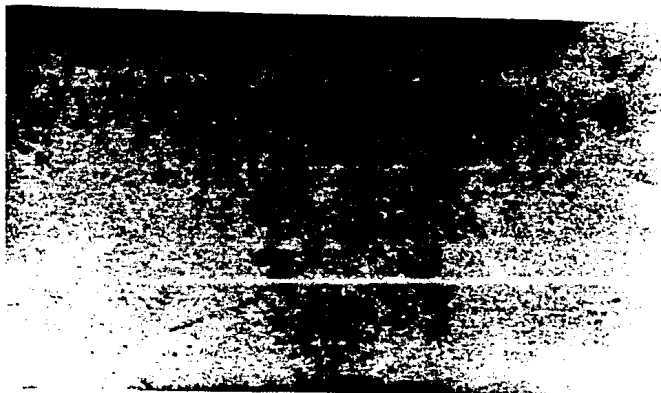
CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 7'

Tipo: 23477 A

(con tratamiento térmico)





Muestra N° 8 y N° 8'

Tipo 32977

Tipo 32977 A
con tratamiento térmico

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	80.89 kg/mm ² 104.81 kg/mm ²	50-65 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	49.32 kg/mm ² 71.11 kg/mm ²	30 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	13.58 % 20.56 %	16 %
REDUCCION DE AREA	55.06 % 63.72 %	50 %
DUREZA	140.71 HB 121.24 HB	140 HB

MEMORIA DE CALCULO

Muestra N° 8

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{4.920}{60.82} = 80.89 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{3.000}{60.82} = 49.32 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{87.8 - 77.3}{77.3} \times 100 = 13.58 \%$$

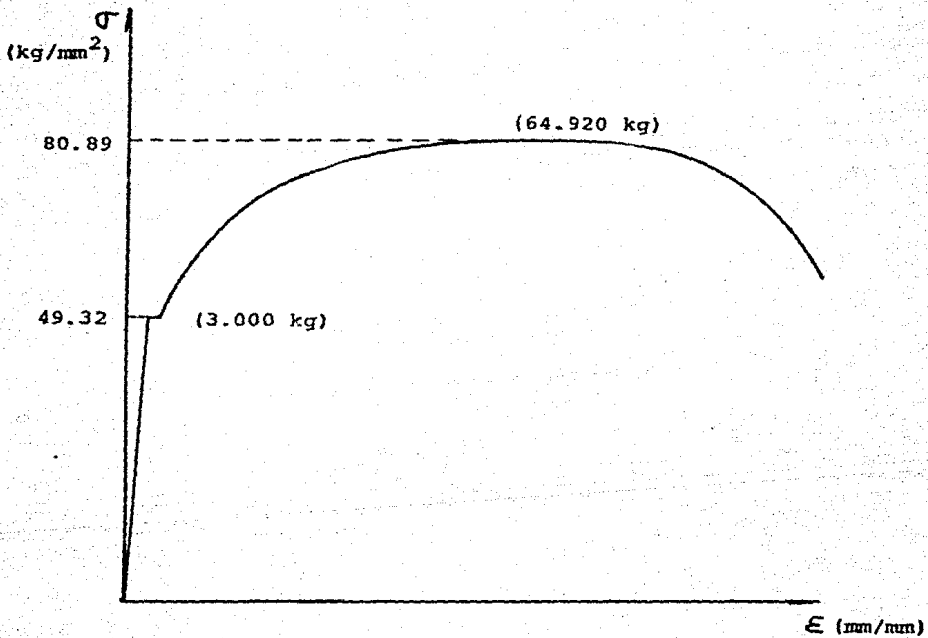
$$\text{Reducción de área \% : } \frac{60.82 - 27.33}{60.82} \times 100 = 55.06 \%$$

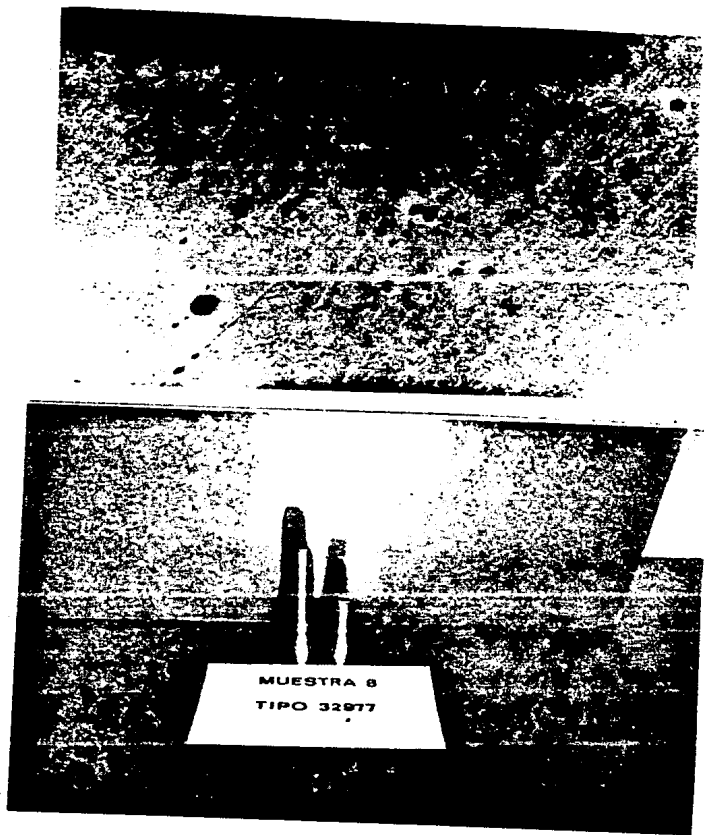
$$\text{Dureza: } 140.71 \text{ HB}$$

CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 8

Tipo: 32977





VI.28.

Muestra N° 8'

Resistencia a la tracción: $\frac{6.375}{60.82} = 104.81 \text{ kg/mm}^2$

Límite elástico: $\frac{4.325}{60.82} = 71.11 \text{ kg/mm}^2$

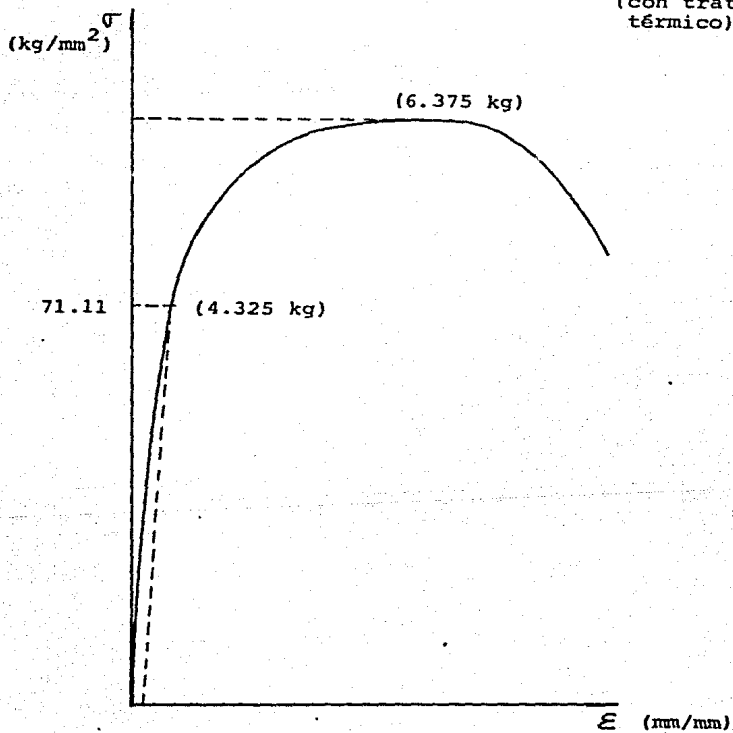
Alargamiento % : $\frac{87.8 - 77.3}{77.3} \times 100 = 13.58 \%$

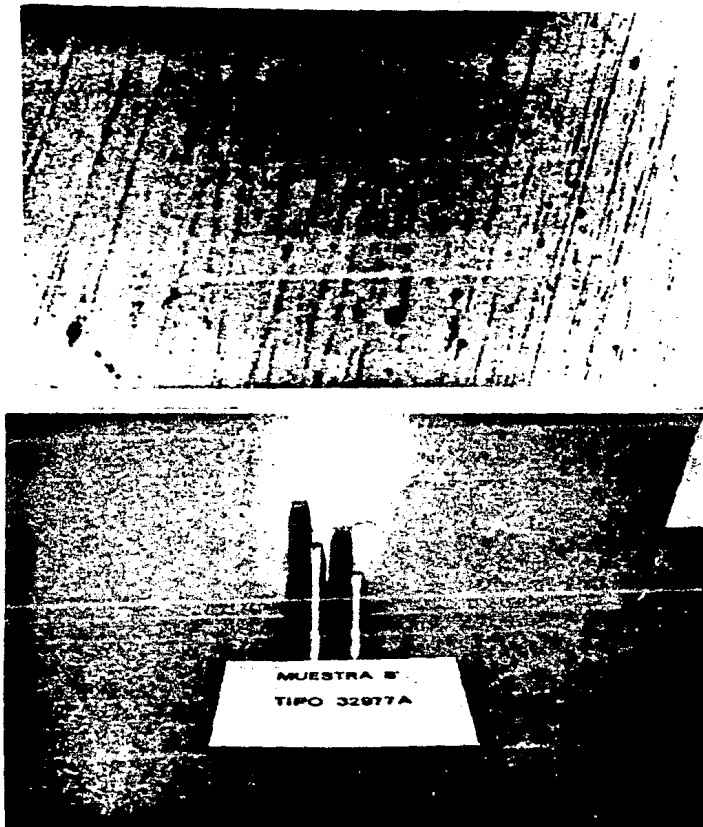
Reducción de área % : $\frac{60.82 - 27.33}{60.82} \times 100 = 55.06 \%$

Dureza: 121.24 HB

CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 8'

Tipo: 32977
(con tratamiento
térmico)



Muestras N° 9 y N° 9'

Tipo 23486

Tipo 23486 A
con tratamiento térmico

	SEGUN PRUEBAS	SEGUN NORMA
RESISTENCIA A LA TRACCION	107.69 kg/mm ² 99.47 kg/mm ²	58-72 kg/mm ²
LIMITE ELASTICO	69.32 kg/mm ² 73.57 kg/mm ²	42 kg/mm ²
ALARGAMIENTO %	19.27 % 13.97 %	9 %
REDUCCION DE AREA %	63.36 % 55 %	50-60 %
DUREZA	196.76 HB 238.21 HB	160 HB

MEMORIA DE CALCULO

Muestra N° 9

$$\text{Resistencia a la tracción: } \frac{6.550}{60.82} = 107.69 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Límite elástico: } \frac{4.216}{60.82} = 69.32 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Alargamiento \% : } \frac{92.2 - 77.3}{77.3} \times 100 = 19.27 \%$$

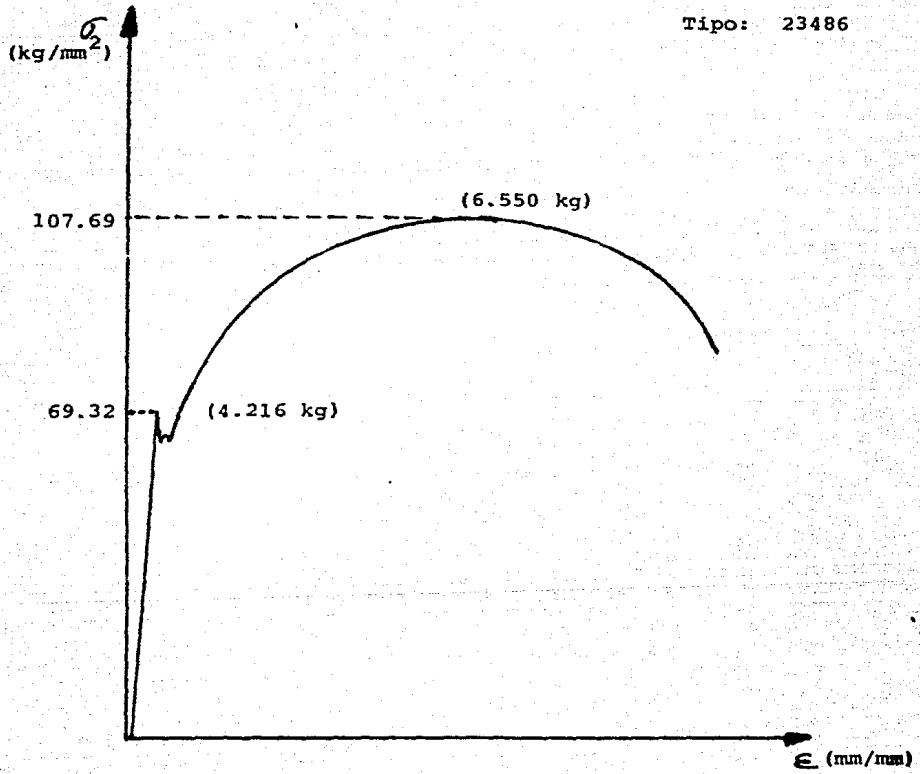
$$\text{Reducción de área. \% : } \frac{60.82 - 22.28}{60.82} \times 100 = 63.36 \%$$

$$\text{Dureza: } 196.76 \text{ HB}$$

CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 9

Tipo: 23486





Muestra N° 9'

Resistencia a la tracción: $\frac{6.050}{60.82} = 99.47 \text{ kg/mm}^2$

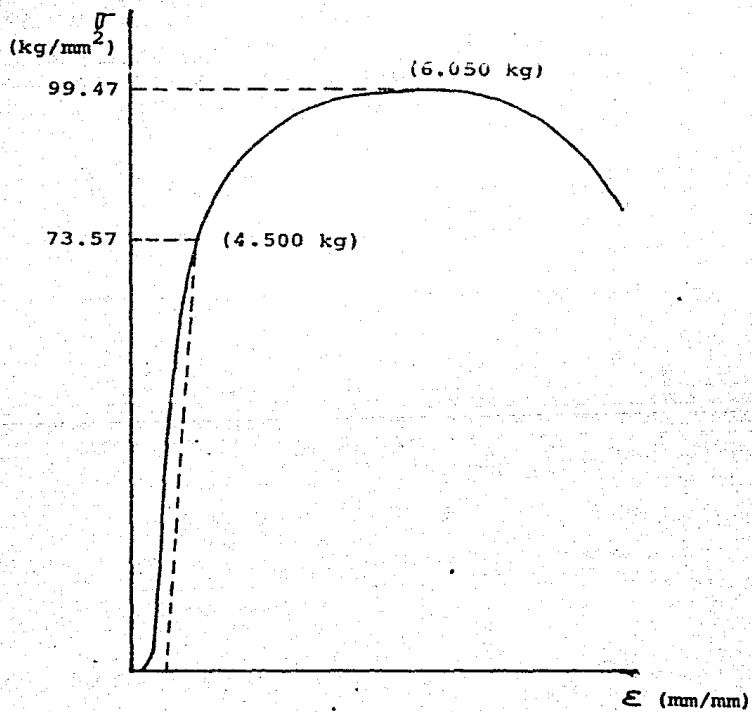
Límite elástico:

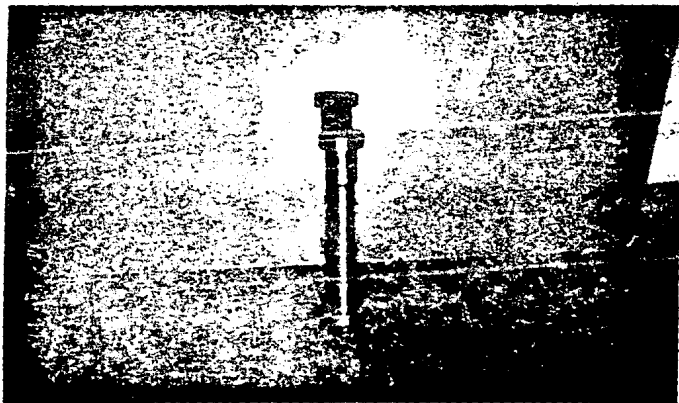
Alargamiento % : $\frac{88.1 - 77.3}{77.3} \times 100 = 13.97 \%$ Reducción de área % : $\frac{60.82 - 27.34}{60.82} \times 100 = 55 \%$

Dureza: 238.21 HB

CURVA ESFUERZO-DEFORMACION

Muestra N° 9'

Tipo: 23486
(con tratamiento
térmico)



CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Muestra N° 1

Tipo: 32988

Los elementos residuales encontrados en esta muestra provocan los siguientes efectos:

- Cr Incrementa la dureza, la resistencia, el límite elástico y disminuye el alargamiento y reducción de área.
- Ni Incrementa la dureza, la resistencia y el límite elástico, y permanece constante su alargamiento y reducción de área.
- Mo Incrementa la dureza, resistencia, límite elástico y disminuye el alargamiento y reducción de área.
- Cu Incrementa la dureza, la resistencia y provoca un aumento al límite elástico, con lo que respecta al alargamiento y reducción de área lo mantiene constante.
- Al Este elemento no afecta en ninguna de las propiedades mecánicas ya mencionadas, excepto en la reducción de área, la cual la disminuye.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la reducción de área.
- Sb No afecta prácticamente la resistencia a la tracción.

VII.2.

Comparando su composición química con respecto a norma, se determinó que se encuentra dentro de norma, pero que sale de especificaciones dentro de propiedades mecánicas, debido a los efectos que presentan sus elementos residuales, como se mencionó anteriormente.

Muestra N° 2

Tipo: 1

Los elementos residuales encontrados en esta muestra provocan los siguientes efectos:

- Ni Aumenta la resistencia a la tracción, disminuye el límite elástico y dureza. Aumenta intensamente el alargamiento y reducción de área.
- Mo Incrementa la dureza, la resistencia a la tracción y el límite elástico. Disminuye el alargamiento y reducción de área en baja proporción.
- W Incrementa la dureza, resistencia a la tracción y límite elástico. Disminuye a baja proporción el alargamiento y la reducción de área.
- Cu Aumenta la dureza, la resistencia a la tracción e incrementa el límite elástico. Es casi constante su alargamiento y reducción de área.
- Al Disminuye la reducción de área y no afecta en las demás propiedades mecánicas.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción, disminuye la

VII.3.

reducción de área y alargamiento.

- Sn** Aumenta la resistencia a la tracción, límite elástico y la dureza. Disminuye el alargamiento y reducción de área.
- B** Aumenta la resistencia a la tracción, límite elástico y dureza.

Este tipo de acero según norma de composición química se encuentra dentro de especificación, pero comparando las propiedades mecánicas obtenidas con respecto a norma se encuentran fuera; analizando sus elementos residuales se concluye que se deben, en gran parte, a la presencia de estos.

Muestra N° 3

Tipo: 2

Los elementos residuales encontrados en esta muestra provocan los siguientes efectos:

- Ni** Aumenta la resistencia a la tracción, disminuye el límite elástico y la dureza. Aumenta intensamente el alargamiento y reducción de área.
- Mo** Incrementa la dureza, la resistencia a la tracción y el límite elástico. Disminuye el alargamiento y la reducción de área en baja proporción.
- W** Aumenta la dureza, resistencia a la tracción y límite elástico. Disminuye en baja proporción el alarga-

VII.4.

miento y la reducción de área.

- Cu Aumenta la dureza, la resistencia a la tracción e incrementa el límite elástico. Es casi constante su alargamiento y reducción de área.
- Al Disminuye la reducción de área y no afecta en las demás propiedades mecánicas.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción, disminuye la reducción de área y alargamiento.
- Sn Aumenta la resistencia a la tracción, límite elástico y la dureza. Disminuye el alargamiento y reducción de área.
- B Aumenta la resistencia a la tracción, límite elástico y la dureza.

Los resultados obtenidos en esta muestra son muy similares a la muestra N° 2 por ser aceros del mismo tipo.

Muestra N° 4

Tipo: 3

Los elementos residuales provocan los siguientes efectos:

- Ni Aumenta la resistencia a la tracción, disminuyendo el límite elástico y la dureza. Aumenta intensamente el alargamiento y reducción de área.
- Mo Incrementa la dureza, resistencia a la tracción y el límite elástico. Disminuye el alargamiento y la re-

VII.5.

ducción de área en baja proporción.

- W Aumenta la dureza, resistencia a la tracción y límite elástico. Disminuye en baja proporción el alargamiento y la reducción de área.
- Cu Aumenta la dureza, la resistencia a la tracción e incrementa el límite elástico. Es casi constante su alargamiento y su reducción de área.
- Al Disminuye la reducción de área y no afecta sus demás propiedades mecánicas.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción, disminuye su reducción de área y alargamiento.
- Sn Aumenta la resistencia a la tracción, límite elástico y la dureza. Disminuye el alargamiento y reducción de área.
- B Aumenta la resistencia a la tracción, límite elástico y dureza.

Los resultados obtenidos son similares a la muestra N° 2 por ser aceros del mismo tipo.

Muestras Nos. 5 y 6

Tipo: Acero inoxidable

Los elementos residuales encontrados en esta muestra son los siguientes.

- Cu Aumenta la dureza, resistencia a la tracción e intensifica el límite elástico, no afecta en el alargamiento

VII.6.

to y reducción de área.

- Al Disminuye la reducción de área, no afecta en la dureza, resistencia a la tracción, límite elástico y alargamiento.
- Sb No afecta prácticamente a la resistencia a la tracción.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la reducción de área.

Según resultados obtenidos, la composición química se encuentra dentro de norma, pero sus propiedades mecánicas se salen de norma.

Muestra Nos. 7 y 7'

Tipo: 23477

La presencia de los elementos residuales provocan los siguientes efectos:

- Cu Aumenta la dureza, resistencia a la tracción e intensifica el límite elástico, con lo que respecta al alargamiento y reducción de área los mantiene constantes.
- Al No afecta en ninguna de las propiedades mecánicas ya mencionadas, excepto en la reducción de área, la cual la disminuye.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la reducción de área.

VII.7.

Sb No afecta prácticamente la resistencia a la tracción.

En base a los resultados de prueba y tomando en consideración los efectos de los elementos residuales, estos provocan que se salgan de normas referentes a propiedades mecánicas, aún estando dentro con respecto a composición química.

Muestras Nos. 8 y 8'

Tipo: 32977

Los elementos residuales en esta muestra provocan los siguientes efectos:

Cr Incrementa la dureza, la resistencia a la tracción y el límite elástico. Disminuye el alargamiento y reducción de área.

Cu Incrementa la dureza, la resistencia a la tracción y provoca un aumento al límite elástico. Con lo que respecta al alargamiento y reducción de área lo mantiene constante.

Al Este elemento no afecta en ninguna de las propiedades mecánicas ya mencionadas, excepto en la reducción de área la cual la disminuye.

Ti Aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la reducción de área.

Sb No afecta prácticamente a la tracción y se desconocen

sus efectos en las demás propiedades.

Esta muestra presenta discrepancias referentes a propiedades mecánicas según norma, a pesar de estar dentro de norma según composición química.

Muestras Nos. 9 y 9'

Tipo: 23486

Los elementos residuales en esta muestra y sus efectos son los siguientes:

- Cu Incrementa la dureza, la resistencia y provoca un aumento al límite elástico. Con lo que respecta al alargamiento y reducción de área los mantiene constantes.
- Al No afecta en ninguna de las propiedades mecánicas mencionadas, excepto en la reducción de área, la cual la disminuye.
- Ti Aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la reducción de área.
- Sb No afecta prácticamente la resistencia a la tracción y se desconocen sus efectos a las demás propiedades mecánicas.

En base a resultados obtenidos esta muestra se encuentra dentro de norma según composición química, pero se salen con lo que respecta a propiedades mecánicas.

Resulta perentorio que nuestros productos no tan sólo siderúrgicos aumenten en calidad para poder tener una mejor perspectiva económica, fundamentada en una buena organización y en colaboración con las diversas fuentes de bienes y servicios.

Uno de los factores que influyen de una manera determinante, es la contaminación de las materias primas, que coadyuva a deteriorar la calidad del producto elaborado.

Debido a que la chatarra es la que más contribuye a la contaminación del acero, es de suma importancia estudiar a fondo sus orígenes, características y calidades en las que son utilizadas.

Es importante subrayar, que el ciclo de recuperación de chatarra en México es excesivamente largo, debido a esto se han hallado cifras en los últimos años de un aumento en la importación de chatarra, pero se ha presentado un estancamiento en el mercado referente al consumo de acero, revelador de la crisis económica por la que atraviesa el país.

Para poder determinar la calidad de un acero es necesario conocer sus características mecánicas enfocadas a una óptima aplicación del material, las cuales se ponen de manifiesto mediante ensayos, tales como análisis por rayos X tracción y dureza, principalmente. Todo esto nos permite prever el comportamiento del material en las condiciones de operación.

Debido a que ciertos elementos no añadidos intencionalmente llamados elementos residuales, tales como: Cu, W, Sb, As, Ni, Cr, Ti, Al, etc., suelen ser perjudiciales, aunque se encuentren en cantidades muy pequeñas, es importante conocer como influye su presencia en las propiedades mecánicas, principalmente. Así mismo, sus orígenes para evitar al máximo su presencia.

Para poder determinar la calidad de los aceros manufacturados en México, debe conocerse el tipo de acero que se desea fabricar (composición química), usos a los que está destinado, y un punto de comparación, que en este caso, debe basarse en especificaciones de materiales de las principales asociaciones internacionales, tales como: ASTM, AISI, SAE, etc. Con fundamento en todo lo cual podemos definir el grado de calidad del acero en estudio.

En consecuencia de lo anterior, se llegó a la conclusión que los aceros fabricados en México sí se encuentran dentro de norma según composición química, sin embargo se encuentran fuera de ellas según propiedades mecánicas, las cuales son importantes para darle una aplicación óptima.

BIBLIOGRAFIA

A. HIGGINS RAYMUNDS
INGENIERIA METALURGICA
EDICION: VIGESIMA SEGUNDA
EDITORIAL: C.E.C.S.A.
MEXICO
JUNIO, 1984

AVNER SYDNEY H.
METALURGIA FISICA
EDICION: SEGUNDA
EDITORIAL: MAC. GRAW HILL
MEXICO
AGOSTO, 1980

BURKE D. E.
SEYBOLT A. U.
TECNICAS DE METALURGIA EXPERIMENTAL
CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA
BARCELONA
OCTUBRE, 1969

DEPARTAMENTO TECNICO TECNIPRESS
ACEROS, PRODUCTOS Y DERIVADOS
EDITORIAL: BILBAO
BILBAO
MARZO, 1980

E. DIETER GEORGE J.
MECANICALL METALLURGY
MAC GRAW HILL
EDICION: DECIMO QUINTA
NUEVA YORK
AGOSTO, 1981

FLIN A. RICHARD
TROJAN K. PAUL
MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES
EDITORIAL: MAC GRAW HILL
MEXICO
1980

G. JOHNSON CARL
METALURGIA
EDICION: CUARTA
EDITORIAL: REVERTE
BILBAO
JULIO, 1961

I.L.A.F.A.
LA CHATARRA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA
EDITORIAL: C.A.N.A.C.E.R.O.
SANTIAGO
1980

LAJTIN YU M.
METALOGRAFIA Y TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS METALES
EDICION: SEGUNDA
EDITORIAL: MIR MOSCU
MOSCU
FEBRERO, 1975

PASCUAL J.

TECNICA Y PRACTICA DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS
DE LOS METALES FERROSOS

EDITORIAL: BLUME

BILBAO

FEBRERO, 1970

ROSKOBOINIKOU U.G.

KUDRIN A.U.

YAKUSHEU M.A.

METALURGIA GENERAL

EDITORIAL: MIR MOSCU

MOSCU

MARZO, 1982

SCHREIBER P. THOMAS

CHEMICAL ANALYSES

EDITORIAL: FOUNDRY

DETROIT

JUNIO, 1965

VERLAG STAHLSCHLÜSSEL WEGST KG.

KEY TO STEEL

EDITORIAL: STAHLSCHLÜSSEL WEGST KG.

GERMANY-WEST

1965