



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**Pruebas Microscópicas, Mecánicas y de Tratamientos
Térmicos, para Aceros Destinados a la Industria
Automotriz, Realizadas en la Kobe Seiko L. T. D.
de la Ciudad de Kobe, Japón**

259

T E S I S
Que para obtener el título de:
QUIMICO METALURGICO
P r e s e n t a
Mauricio Alfonso de la Orta Zamora
México, D. F. 1974



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1974 242
FECHA
PROC. Met. 242



QUIMICA

JURADO DESIGNADO ORIGINALMENTE

| | |
|---------------|---------------------------|
| PRESIDENTE | FRANCISCO ESPARZA HERRADA |
| VOCAL | NICOLAS JAIMES VILLAFANA |
| SECRETARIO | ALBERTO OBREGON PEREZ |
| 1er. SUPLENTE | RENAN PEREZ PRIEGO |
| 2o. SUPLENTE | CARLOS ARANGO SOLORZANO |

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CIA. KOBE SEIKO L.T.D., CIUDAD DE KOBE, JAPON

NOMBRE Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

MAURICIO ALFONSO DE LA ORTA ZAMORA



NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

DR. FRANCISCO ESPARZA HERRADA



A mi esposa Mary por su gran comprensión, ayuda y apoyo moral, para la realización de esta tesis.

A mi hijo Mauricio Alfonso.

A mi madre, a quien agradezco su
ayuda y esfuerzo para el logro -
de mi carrera.

A mis suegros por su gran apoyo moral.

Con afecto a mis hermanas María
Eugenia y Julieta, y a mis cuña
dos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
por el otorgamiento de la beca que hizo po-
sible la realización de este trabajo.

A la Association for Overseas Technical
Scholarship (A.O.T.S.) de Tokyo, Japón.

A la Kobe Seiko L.T.D. y al go-
bierno de Japón por las facilida
des que me brindaron para reali-
zar el presente trabajo y otros-
estudios de investigación.

Con especial agradecimiento a
la Srita. Nivia Hernández por
su valiosa intervención en la
estructuración de esta tesis.

A mi buen amigo
Enrique Garduño Curiel.

A los profesores:

I.Q. Fernando González Vargas

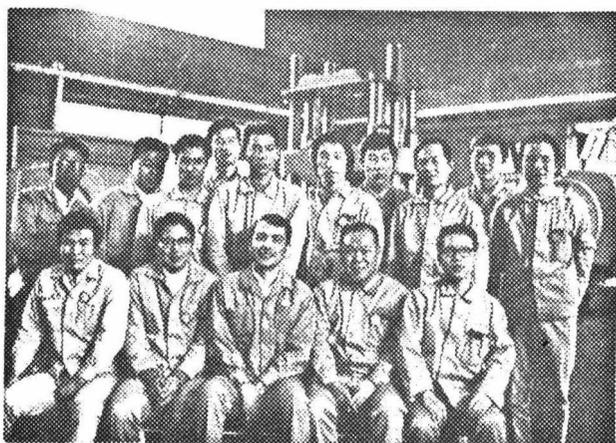
Dr. Francisco Esparza Herrada

I.Q. Alberto Obregón

Con todo mi agradecimiento por
los conocimientos y guía brin-
dados en sus cátedras.

Al profesorado de la Facultad de Química

A mis compañeros.



ASESORES DE ENTRENAMIENTO EN EL CENTRO DE MATERIALES
DE LA KOBE SEIKO LTD.

I N D I C E

| | | |
|---------------|--|----------|
| I. | GENERALIDADES | Página 1 |
| II. | INTRODUCCION | " 1 |
| CAPITULO I. | ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO | " 2 |
| | 1. Jefe del departamento de pruebas de material | |
| | 2. Staff | |
| | 3. Capataz | |
| | 4. Funcionamiento de cada departamento | |
| CAPITULO II. | PRUEBA DE JOMINY | Página 6 |
| | 1. Objeto de la prueba | |
| | 2. Aparato | |
| | 3. Dimensiones de la probeta | |
| | 4. Preparación de la probeta | |
| | 5. Normalizado y templado | |
| | 6. Tratamiento térmico | |
| | 7. Medida de la dureza | |
| | 8. Interpretación de los resultados | |
| CAPITULO III. | PRUEBA S.A.E. S.A.C. SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS | 23 |
| | 1. Norma | |
| | 2. Muestreo | |
| | 3. Normalizado | |
| | 4. Probeta | |
| | 5. Calentamiento para el templado | |
| | 6. Templado | |
| | 7. Preparación para la prueba de dureza | |
| | 8. Prueba de dureza | |
| | 9. Lectura de las caras | |
| | 10. Estimación del área | |
| | 11. Índice de templabilidad | |
| | 12. Gráfica de la prueba | |
| | 13. Determinaciones prácticas | |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| CAPITULO IV. | PROBETA PARA PROPIEDADES MECANICAS, PREPARACION Y TRATAMIENTO TERMICO | Página 39 |
| | 1. Dureza Brinell | |
| CAPITULO V. | LABORATORIO MICROSCOPICO | " 45 |
| | A. Funciones del laboratorio | |
| | 1. Proceso de muestreo | |
| | 2. Cortado | |
| | 3. Primer desvaste | |
| | 4. Material de ataque | |
| | 5. Prueba de microestructura | |
| | a) Laminado | |
| | b) Normalizado | |
| | c) Recocido | |
| | d) Revenido | |
| | B. Determinación del tamaño de grano | |
| | 1. Determinación | |
| | 2. Probeta | |
| | 3. Método de pruebas | |
| | 4. Estimación del tamaño de grano | |
| | C. Determinación de inclusiones | |
| | 1. Muestreo | |
| | 2. Clasificación. Método JIS | |
| | 3. Conteo de las inclusiones | |
| | D. Método A.S.T.M. | |
| | E. Prueba de descarburización | |
| | 1. Muestreo | |
| | F. Prueba de dureza Micro-Vickers | |
| | G. Prueba de microestructura | |
| CAPITULO VI. | PRUEBA DE PROPIEDADES MECANICAS | Página 83 |
| | 1. Muestreo | |
| | 2. Máquina de doblez | |

3. Prueba de impacto

4. Cálculos

CONCLUSIONES Página 104

BIBLIOGRAFIA

INDICE

I. GENERALIDADES

El principal propósito de este informe, es dar la pauta o aportar algunas ideas nuevas a las plantas mexicanas en formación y a personas encargadas o relacionadas con el control de calidad de los productos de acero destinados a la industria automotriz o industrias constructoras de barcos.

No es, sin embargo, un tratado, sino simplemente un informe de la organización de un departamento y las pruebas que realiza, así como la descripción detallada de ellas.

Todas las experiencias mencionadas en este informe, fueron realizadas por el que éste escribe, después de haber recibido un entrenamiento básico en el departamento de materiales de la planta mencionada, durante dos meses.

II. INTRODUCCION

En el mundo moderno en que vivimos, se hace cada día más y más necesario el control de calidad en todos y cada uno de los productos, ya que, independientemente del progreso, existe un factor importante que influye definitivamente: la competencia. Esta nos hace cuidar del prestigio de lo que producimos, con el propósito de dar al consumidor mayor satisfacción y al productor, mayores oportunidades económicas.

Con el propósito de elevar la calidad general y dar igual oportunidad de desarrollo a compañías pequeñas, medianas y grandes, se han creado normas técnicas nacionales e internacionales, que son fundamentalmente los requisitos mínimos que debe tener un producto antes de lanzarse al mercado.

En el presente trabajo, nos referiremos fundamentalmente a las normas japonesas y a las de los Estados Unidos de Norte América:

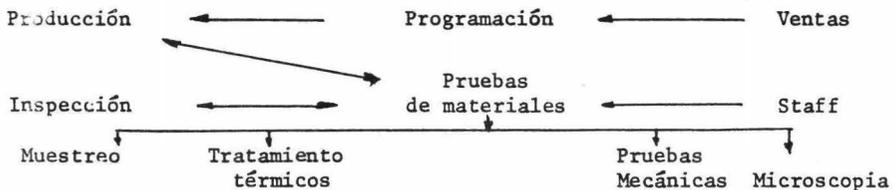
NACIONALES: J.I.S. (Japanese Industrial Standards)

INTERNACIONALES: A.S.T.M. (American Society of Testing Materials)

CAPITULO I

ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO

En el organigrama siguiente, se expone la secuencia que siguen las pruebas realizadas en el departamento:



Cuando la compañía recibe la orden de compra de determinado material, lo hace por medio del departamento de ventas; éste, después de aceptar el pedido, lo pasa a programación, en donde se toman en cuenta factores tales como: disponibilidad en reserva, volumen de producción, pedidos anteriores, etc.

Una vez que se ha fijado la fecha para la producción del pedido, se comunica al departamento de producción por medio de tarjetas u hojas, -- que indicarán el tipo de acero y la cantidad en toneladas.

El departamento de producción, en acuerdo con los departamentos de -- pruebas de materiales e inspección, realizarán los muestreos convenientes para controlar las especificaciones, no sólo químicas, sino mecánicas de cada material producido.

1. Jefe del departamento de pruebas de materiales.

El jefe del departamento, es el encargado de recibir el programa de producción y planear, según el uso final del producto y los requerimientos del usuario, la clase de pruebas que tienen que efectuarse, lo cual influye en la calidad del material y su costo de -

producción, así como el precio de venta, ya que a un material más caro en costo y precio, se le efectuarán mayor número de pruebas, siendo éstas menos, en un material más barato.

Para efectuar su trabajo, el jefe del departamento se hace ayudar del subjefe y de un staff o cuerpo de ayudantes que consultan normas, no sólo japonesas (J.I.S.) o de los Estados Unidos (A.S.T.M.), sino también inglesas (B.S.), alemanas (D.I.N.), etc. Esto depende muchas veces del país que efectúa la compra.

2. Staff

Regularmente, son personas con educación preparatoria o técnica, las cuales tienen, no sólo la obligación de buscar normas o métodos de prueba, sino tratar de simplificar el trabajo por aportación de nuevas ideas, creación de normas internas de trabajo de la compañía, vigilancia de las relaciones entre trabajadores y compañía; se ocupan también del entrenamiento del nuevo personal y presentan reportes semestrales o anuales del trabajo que se realiza o algún trabajo original de investigación.

3. Capataz

Es la persona que se encarga de controlar el trabajo del departamento, colocando al personal en donde éste se desarrolle mejor. Además, vigila que dicho trabajo se realice con la mayor eficiencia y con un mínimo de tiempo.

Las órdenes, las recibe directamente del staff o del subjefe del departamento.

4. Funcionamiento de cada departamento.

A continuación expondremos el funcionamiento de cada departamento, omitiendo muestreo, ya que incluiremos éste en cada uno de los tres restantes, pues son éstos los que dan la orden y clase de muestra por tomar, antes de efectuar la prueba, siendo de muestreo únicamente un de

partamento, donde se cortan las piezas de acuerdo a diagramas que se anexan más adelante, en cada sección.

Sección de tratamientos térmicos.

En este departamento, se prueban algunas propiedades de aceros aleados especiales, de acuerdo con las normas J.I.S., normas internas -- (Kobe Seiko), normas del consumidor, normas S.A.E. y normas A.S.T.M.

Todas las propiedades se refieren a los cambios ocurridos en los aceros durante una exposición térmica, o bien, cambios inducidos para mejorar algunas propiedades mecánicas.

Las principales pruebas efectuadas en esta sección se enuncian a continuación:

- a) Pruebas de Joiminy: Normalizado, maquinado, temple y Rockwell C.
- b) Prueba S.A.E.: (Society of Automotive Engineers) Normalizado, maquinado, templado, dureza y Rockwell C.
- c) Carburización: Normalizado en sal de carbonato de Bario, enfriado dentro del horno, medida del tamaño de grano austenítico.
- d) Propiedades mecánicas: Normalizado, dureza Brinell, prueba de tensión, prueba de impacto (C.Steel), ó prueba de dobléz (C.Steel forg).
- e) Propiedades mecánicas: Normalizado (400°C), templado en aceite o templado en agua. Maquinado, dureza Brinell, prueba de tensión, prueba de impacto (aceros aleados al C. y al Mn).
- f) Recocido esferoidal: Recocido y enfriamiento en hornos, durante períodos largos y bajo programa automático de temperatura (bearing steels).

Dependiendo del tratamiento térmico, hay una selección de horno o instrumento, lo cual lleva la finalidad de dar una mayor eficiencia

en el trabajo, y simplificación del mismo.

A continuación se enuncian los hornos de resistencia (mufla), usados en las experiencias, así como su función:

| <u>HORNO No.</u> | <u>F U N C I O N</u> | <u>TEMPERATURA</u> |
|------------------|---|--------------------|
| 1 | Tratamiento térmico de Jominy | < 950°C |
| 2 | Tratamiento térmico de Jominy y además normalizado, templado y recocido. | < 950°C |
| 3 | Hornos alta temperatura, carburización en cajas y tamaño de grano austenítico. | < 1200°C |
| 4 | Normalizado | < 950°C |
| 5 | Prueba S.A.C. y control de atmósfera con N ₂ programado | < 1000°C |
| 6 | Tamaño de grano y esferoidización | 800-900°C |
| 7 | Normalizado de tubos, horno con soplo de agua caliente para baja temperatura y normalizado para prueba de Jominy. | 1000°C |
| 8 | Tipo de túnel: templado, revenido preparación para la prueba de tensión | 1000°C |
| 9 | Recocido | |
| A | Revenido | 600°C |
| B | Revenido | 600°C |
| C | Revenido | 400°C |
| D | Carburización | |

CAPITULO II

PRUEBA DE JOMINY

Esta prueba se basa en la original hecha por W.E. Jominy y A.L. Boege - Hold de la General Motors Research Laboratories de Detroit, en 1937.

1. Objeto de la prueba

Su principal objeto es conocer la velocidad crítica de temple de los aceros, la dureza máxima y mínima que es posible obtener en cada clase de acero, la influencia de los elementos de aleación, sobre la velocidad crítica de temple, y conocer qué resultados se pueden obtener si el temple se hace en agua, aceite, etc.

Más aún, para conocer las posibles propiedades mecánicas por medio de la dureza, siendo ésta una función de la microestructura.

Esta clase de prueba se recomienda para aceros con contenidos de -- carbono menores del 0.6% para aceros aleados.

Las dimensiones del aparato y la muestra, cambian un poco de país a país, debido al uso de diferentes especificaciones.

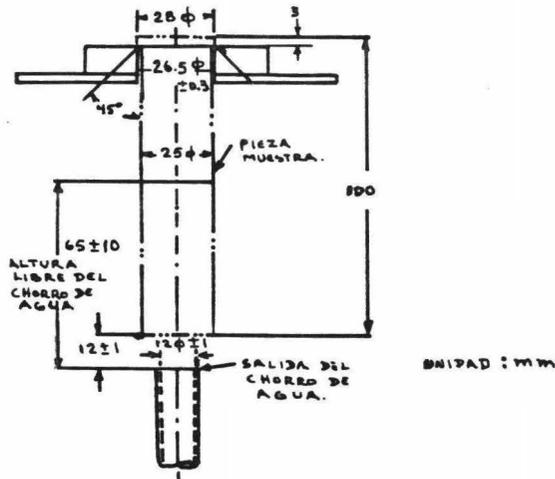
En el caso de Japón, nos referiremos siempre a J.I.S. (Japanese, Industrial Standards), A.S.T.M. (American Society of Testing Materials), S.A.E. (Society of Automotive Engineers), etc.

La prueba de Jominy se clasifica bajo el número JIS G 0561 (1965) y la norma es como sigue:

La muestra tendrá que colocarse verticalmente, con la cara inferior hacia abajo: con el objeto de ser endurecida, deberá colocarse justamente a 12⁺ 1 mm arriba de la salida de agua a presión.

2. Aparato

El aparato deberá permitir la salida del agua a presión fuera de la boca del tubo, el cual tiene un diámetro interior de 12 ± 1 mm y una altura libre de 65 ± 10 mm (Fig. 1)



El agua a presión deberá ser controlada de tal manera que se logre la altura libre inmediatamente después de empezar el enfriamiento con agua y esta altura no deberá variar durante el proceso de enfriamiento.

Para lograr el mencionado propósito, se cuenta con un tanque de agua, con una provisión suficiente, tal como se muestra en las siguientes fotografías, y para lograr una correcta presión y dirección del agua, un retén se debe insertar entre la boca del tubo y la probeta, el cual se controla con un apagador.



FOTO 1

La foto No. 1 muestra el tanque de agua y el agua a presión en el -
tanque de templado.

3. Dimensiones de la probeta.

Como se muestra en la Fig. 2, la probeta tiene 25 ± 0.5 mm de diáme-
tro y 100 mm de longitud (ver foto No. 9)



4. Preparación de la probeta.

Cuando el material por probarse tiene un diámetro que varía entre - 30 y 50 mm, la probeta deberá tomarse de este material con el mismo diámetro y normalizarse. Si el material tiene más de 55 mm de diámetro deberá reducirse a 30 mm por laminado o forja y posteriormente normalizado. Seguidamente, las capas descarburadas son removidas, dejando la pieza con la forma y dimensiones mencionadas.

La tabla No. 1 contiene las normas J.I.S. para normalizado y templeabilidad de la probeta, dependiendo de la clase de acero.

5. Normalizado y templado.

La muestra tomada de la reserva o almacén de muestras, con un diámetro de 30 mm y una longitud que varía de 150 a 200 mm, se coloca dentro de un horno de mufla y se calienta aproximadamente a 80° sobre el punto A_{c3} para normalizar las condiciones de la prueba.

T A B L A 1

TEMPERATURAS DE NORMALIZADO Y TEMPLADO DE LAS MUESTRAS

| Valores normales de composición química | | Temperatura de Normalizado °C | Temperatura de Templado °C |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| % Ni | % C | | |
| 3.00 Max. | Hasta 0.25 incl. | 925 | 925 |
| | 0.26 a 0.36 incl. | 900 | 870 |
| | 0.37 y más | 870 | 845 |
| sobre 3.00 | Hasta 0.25 incl. | 925 | 845 |
| | 0.26 a 0.36 incl. | 900 | 815 |
| | 0.37 y más | 870 | 800 |
| JIS G 4801 - Clase 6 | Acero para resortes clase 7 | 900 | 870 |
| JIS G 4202 | Acero al cromo, alu minio-Molibdeno | 980 | 925 |

OBSERVACIONES:

La tolerancia en las temperaturas mencionadas deberá ser

$$\pm 5 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Esta temperatura cambia dependiendo del contenido de carbono de la muestra, de acuerdo con el diagrama hierro-carbono.

En nuestro caso, las muestras fueron:

| | | |
|--------|--------------------|-------------|
| SCR 21 | (C = .13 a .18%) | (Ni = .05%) |
| SCM 4 | (C = 0.38 a 0.43%) | (Ni = .04%) |

Las condiciones de normalización según J.I.S. 4104 G fueron de 925°C para SCR 21 y de 870°C para SCM 4; en ambos casos, durante una hora, siendo posteriormente ambas piezas enfriadas al aire. Después de varias horas, las muestras estaban lo suficientemente frías, por lo que se enviaron a la compañía encargada de su maquinado, con las dimensiones fijadas anteriormente.

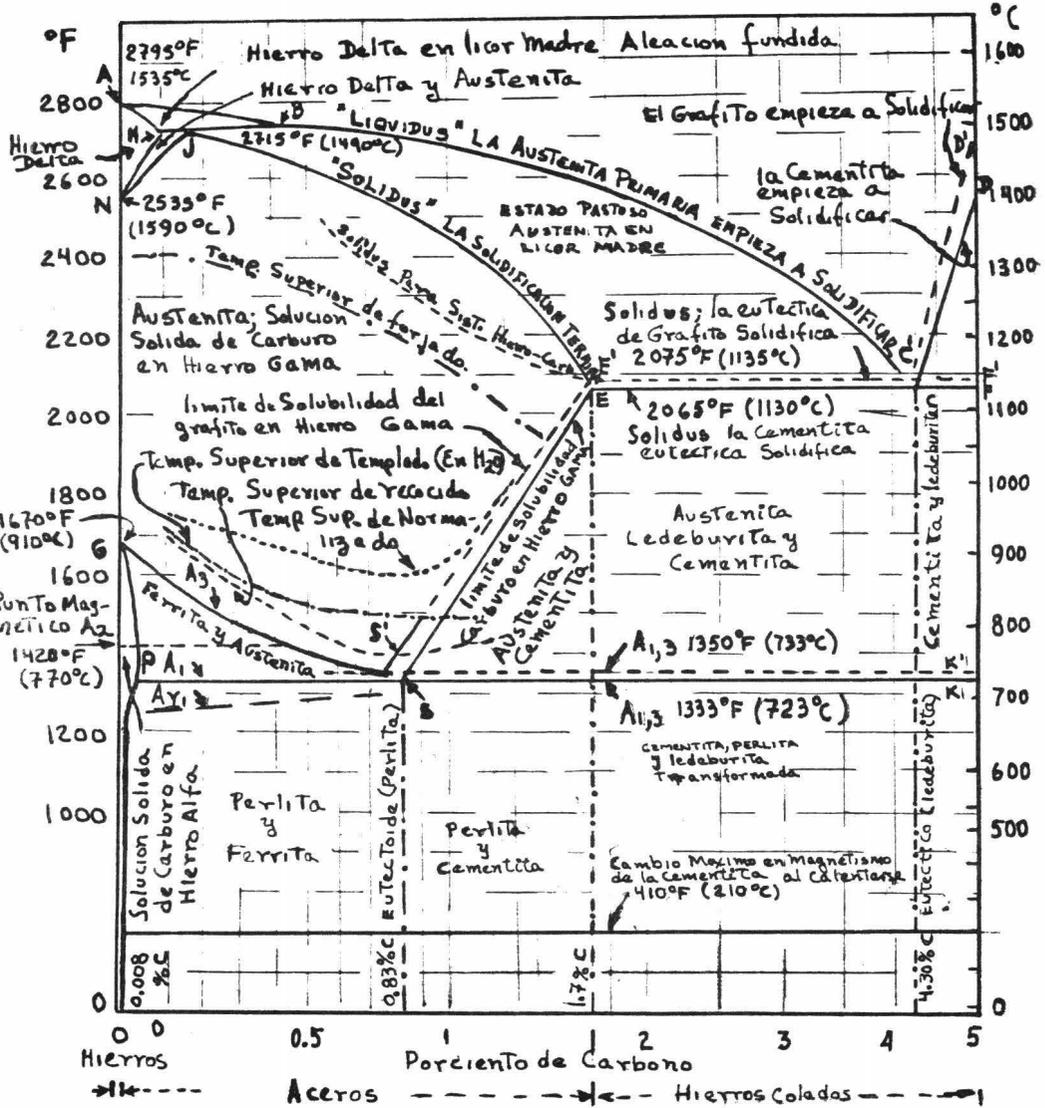
6. Tratamiento térmico.

Las piezas se checan cuidadosamente en todas sus medidas antes del tratamiento térmico, para lo cual se lleva un reporte.

La muestra se calienta a la temperatura del temple, o sea la temperatura de austenización, aproximadamente 60°C arriba del punto A_{c3} (Kobe Seiko, de 815 a 925°C). La temperatura para SCR 21 = 925°C y para SCM 4 = 845°C. Durante 30 minutos se mantienen dentro de una caja de grafito para evitar la descarburización.

Después de este tiempo, se presupone que todo el material está en la forma austenítica.

Posteriormente, las muestras se extraen de la caja de grafito y en un tiempo que no sobrepase a 3 segundos, se colocan dentro del aparato JIS (Ver foto No. 2)



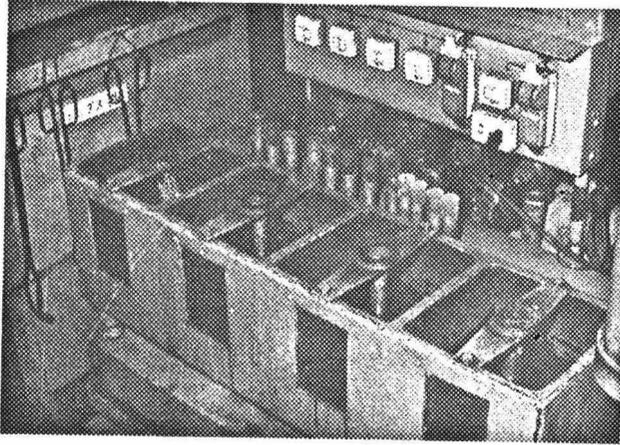


FOTO 2

siendo entonces el chorro de agua dirigido al fondo de la muestra - por medio de un contacto eléctrico que permite al agua templar la muestra desde el fondo en forma progresiva hacia la parte superior, tal como se ha mencionado anteriormente.

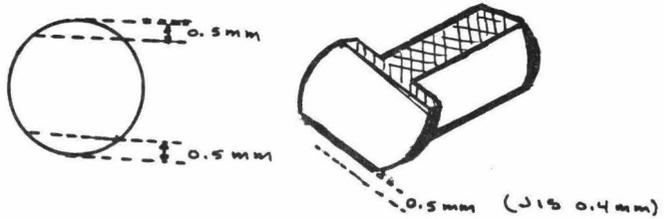
La muestra se deja recibiendo la acción del chorro de agua durante 10 minutos (normas J.I.S. y A.S.T.M.); después que este tiempo ha transcurrido, la retiramos sin peligro de modificaciones en su estructura por enfriamiento irregular.

Algunos autores han calculado que las velocidades de enfriamiento - del agua sobre la probeta son de $333.33^{\circ}\text{C}/\text{seg}$ a $2.2^{\circ}\text{C}/\text{seg}$. (de 4 a $600^{\circ}\text{F}/\text{seg}$).

Según las normas J.I.S., el agua deberá tener una temperatura de 5 a 30°C o la norma Kobe Seiko, de 20 a 25°C .

Una vez que la muestra está completamente fría, se envía nuevamente a la compañía de maquinado, siendo ésta maquinada en ambos lados de la probeta con el objeto de poder tomar la dureza Rockwell C.

Las dos generatrices maquinadas se localizan a 180° una de la otra y la profundidad es de $.5$ mm, como se muestra en la fig. 3



Deberá tomarse la precaución de no sobrecalentar la pieza durante - el maquinado a más de 100°C, con el objeto de evitar cualquier cambio en sus propiedades.

Una vez que la pieza se recibe de la compañía que la maquinó, se en vía para hacer la medida de dureza Rockwell C: hasta aquí, el proce so ha tomado 4 días.

7. Medida de la dureza.

La dureza deberá ser medida en la línea central de los lados maquinados a 1/16" o bien a diferentes medidas en milímetros como se indica a continuación:

Pulg (1/16) (1.6mm) 2/16, 3/16, 4,5,6,7,8,10,12,14,16,18,20,24,28
y 32/16

MM 15, 3,5,7,9,10,11,13,15,20,25,30,35,40,45 y 50 mm.

Esto se hace por medio de un probador automático de durezas, o bien, por uno manual graduado en milímetros o pulgadas, y montado en la - base de la máquina Rockwell, como se puede ver en la fotografía No.3.

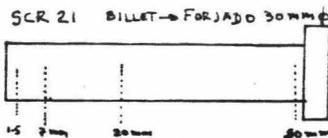


Fig 3A

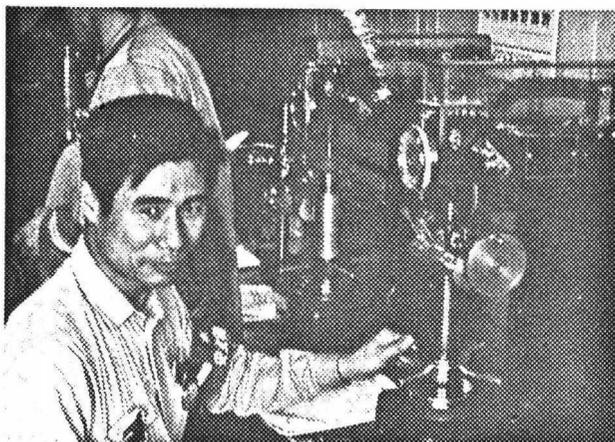


FOTO 3

Antes de iniciar las lecturas de dureza, se toma una prueba que no -
cuenta dentro de los puntos programados, debido a que necesitamos te
ner la seguridad de que el diamante está perfectamente asentado en -
su base.

Dicha prueba se realiza entre el extremo de la probeta y el primer -
punto del programa.

El aparato probado es una máquina Rockwell semi-automática con una -
carga primaria de 10 kgs. y una carga secundaria de 150 kgs.

La escala es la C. o sea, la que utiliza penetrador con punta de dia
mante: los resultados se obtienen directamente en la carátula colo-
cada al frente de la misma.

8. Interpretación de resultados.

Todos los resultados de dureza obtenidos en cada una de las muestras
de Jominy, se grafican en un papel especial, en el cual, en la absci-
sa se tienen las distancias en mm o pulg. desde el extremo duro tem-
plado, hasta la parte superior de la muestra; las ordenadas nos dan-
las lecturas de dureza en cada punto.

También se tienen dentro de dicha gráfica, otras dos líneas que son-
las de templeabilidad o banda de temple, las cuales se obtienen para-

DEPTO DE PRUEBAS FISICAS

AÑO MES DIA

| | | | | |
|-------|--|--|--|-------------------|
| TABLA | | | | ESLEVOZ |
| 2 | | | | NUMERO DE LA DATA |

| | TIPO DE ACERO | CLAVE DEL DEPTO. | | | | | | IDENTIFICACION | | | COND. DE LA PROB. | | | NORMALIZADO | | AUMENTADO | |
|---|--|------------------|------|------|------|------|------|----------------|------|---------|-------------------|------|--------|-------------|--------|-----------|------|
| | SCR 21 | T | H | 3 | 5 | 3 | S | C | E | FORJADO | | | 925 °C | | 925 °C | | |
| P U N T O S P A R A E L L E C T U R A | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | M | M | M | B+M | B+M | B+M | B+P | P+M | | | | | | | | |
| | LECTURA EN GENERATRIZ 1 | 40.1 | 39.6 | 32.3 | 26.9 | 24.8 | 24.0 | 23.7 | 20.7 | 19.2 | 15.7 | 12.7 | 11.5 | 9.6 | 8.9 | 9.3 | 8.8 |
| | LECTURA EN GENERATRIZ 2 | 42.7 | 41.8 | 33.7 | 27.8 | 25.3 | 24.5 | 22.2 | 20.8 | 19.2 | 15.3 | 13.6 | 11.2 | 10.0 | 9.3 | 9.2 | 8.8 |
| | BANDA H (HARDNE) SUMA DE DUREZAS EN LA BANDA. | | 81.4 | 66.0 | 54.3 | 50.1 | 49.5 | 45.9 | 41.5 | 38.4 | 31.0 | 26.3 | 22.7 | 19.6 | 18.2 | 19.0 | 17.6 |

| A N O D E R E S U L T A D O S | $\frac{1}{16}$ X PULGADA (mm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 28 | 32 | |
|---|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|--|
| | | (1.6) | (3.2) | (4.8) | (6.4) | (7.9) | (9.5) | (12.7) | | | | | | | | | | |
| | PROMEDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X mm | 15 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | |
| PROMEDIO \bar{X} | 41.4 | 40.7 | 33.0 | 27.4 | 25.1 | 24.3 | 23.0 | 20.8 | 19.2 | 15.5 | 13.2 | 11.4 | 9.8 | 9.1 | 9.5 | 8.8 | | |

DEPTO DE PRUEBAS FISICAS

AÑO MES DIA

| | | | | |
|-------|--|--|--|--------------------|
| TABLA | | | | ESCALA: |
| 3 | | | | MAQUINA DE LA ORTA |

| | TIPO DE ACERO | CLAVE DEL DEPTO. | | | | | IDENTIFICACION | | COND. DE LA PROB. | | | NORMALIZADO | | AUSTENITIZADO | | | |
|-------------------|--|------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------------------|------|------|-------------|------|---------------|------|------|------|
| | SCM 4 | S | 2 | 3 | 7 | 9 | " | X | FORJADO | | | 870 °C | | 845 °C | | | |
| PUNTS PARA ELUSAR | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LECTURA EN GENERATRIZ 1 | 54.7 | 54.0 | 53.8 | 53.3 | 52.5 | 52.0 | 51.2 | 49.3 | 46.7 | 40.2 | 36.7 | 34.0 | 33.5 | 32.5 | 33.0 | 32.2 |
| | LECTURA EN GENERATRIZ 2 | 54.5 | 53.5 | 53.2 | 52.8 | 52.3 | 52.3 | 52.0 | 49.5 | 46.8 | 40.6 | 37.2 | 36.0 | 34.3 | 33.0 | 32.8 | 31.9 |
| | BANDA H (HARDNESS) SUMA DE DUREZAS EN LA BANDA. | 107.2 | 107.5 | 107.0 | 106.1 | 104.8 | 104.3 | 103.2 | 98.8 | 92.5 | 80.8 | 73.9 | 70.8 | 67.8 | 65.5 | 63.8 | 64.1 |

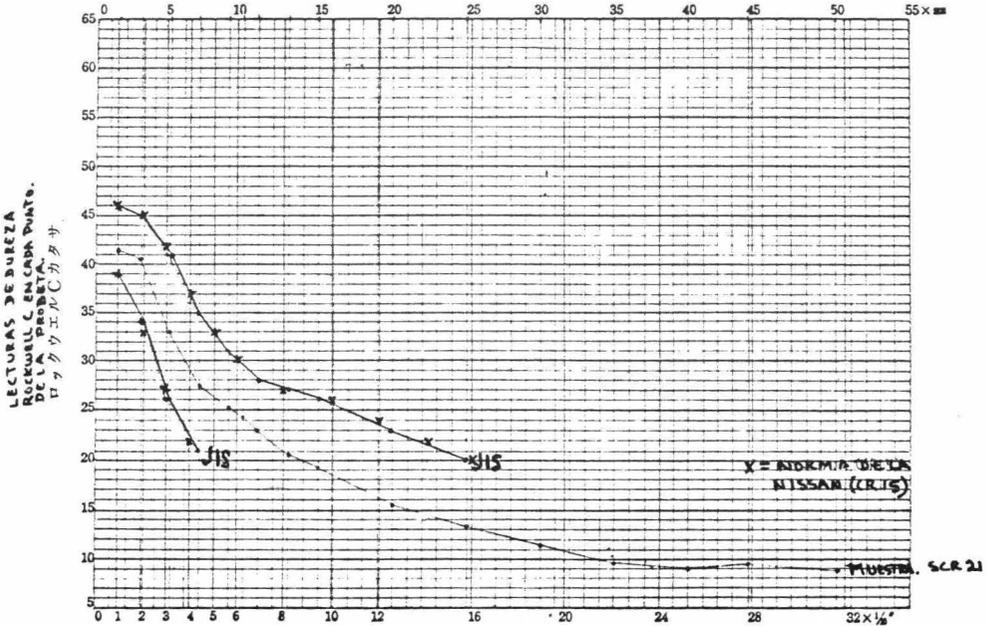
| ANOTACION | RESULTADOS | 1/16 X PULGADA (mm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 28 | 32 | | |
|-----------|------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|--|--|
| | | | (2.6) | (3.2) | (4.8) | (6.4) | (7.9) | (9.5) | (12.7) | | | | | | | | | | | |
| | | PROMEDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | X mm | 4.5 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | | |
| | PROMEDIO X | 54.6 | 53.8 | 53.5 | 53.1 | 52.4 | 52.2 | 51.6 | 49.4 | 46.3 | 40.4 | 37.0 | 35.4 | 33.9 | 32.8 | 32.9 | 32.1 | | | |

TARLA 4

PRUEBA DE JOMINY

| TIPO DE ACERO | CLAVE | COMPOSICION QUIMICA | | | | | | | | | | | Nº DE COLADA | TEMP. °C | | |
|---------------|---------|---------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|----|----|----|--------------|----------|------------|-------------|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | Al | Sn | | NORMA | TEMP. LIT. | TEMP. ANIL. |
| SCR 21 | TH 3535 | 0.13 | 0.15 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | - | - | 0.90 | | | | NORMA | JIS | 925 | 925 |
| | | ~ | ~ | ~ | MAX | MAX | | | ~ | | | | | | | |
| | | 0.17 | 0.27 | 0.75 | 0.015 | 0.019 | 0.06 | 0.05 | 1.04 | | | | | 27 | 7 | CARGA. |

BILLET FORJADO A 30 mm ϕ

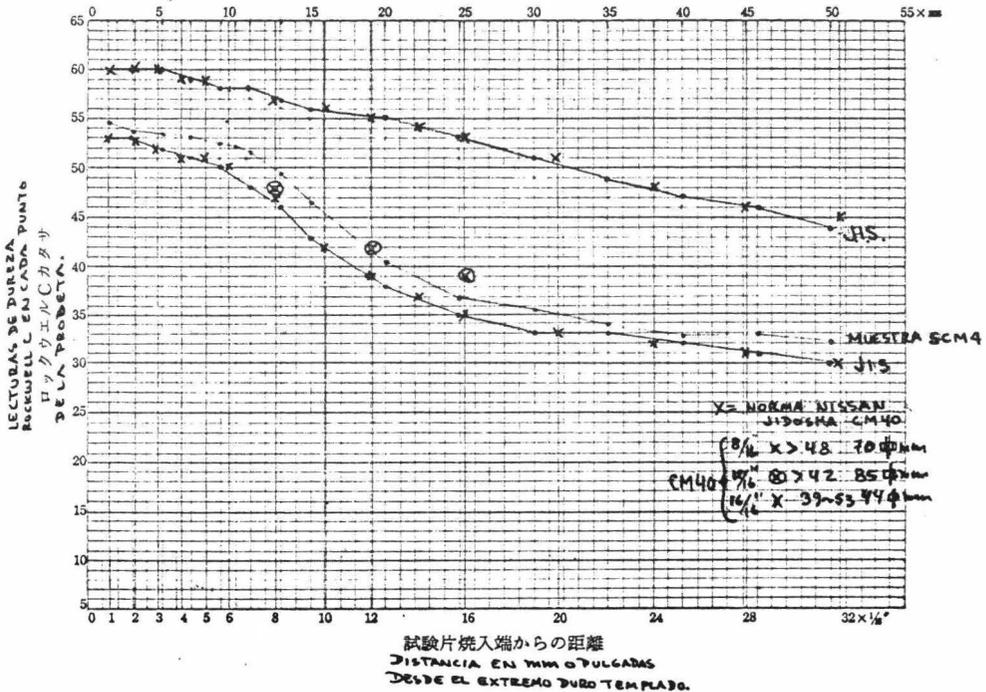


PRUEBA DE JOMINY

T A B L A 5

| TIPO DE ACERO | CLAVE | COMPOSICION QUIMICA | | | | | | | | | | | Nº DE COLADA | TEMP. °C | |
|---------------|--------|---------------------|--------|--------|-------|-------|----|----|--------|--------|----------------|----|---------------------|----------|---------------|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | Al | Sn | | NORMA | TEMP. TRATAM. |
| SCM 4 | S 2379 | 0.38 | 0.15 | 0.60 | 0.030 | 0.030 | - | - | 0.90 | 0.15 | } NORMA J.I.S. | | 870 | 845 | |
| | | ~ 0.43 | ~ 0.35 | ~ 0.85 | MAX | MAX | - | - | ~ 1.20 | ~ 0.30 | | | | | |
| | | 0.40 | 0.28 | 0.74 | 0.011 | 0.021 | 7 | 4 | 108 | 20 | 22 | 7 | } ANALISIS DE CARGA | | |

BILLET FORJADO A 30MM



cada clase de acero y están dadas en los libros de normas.

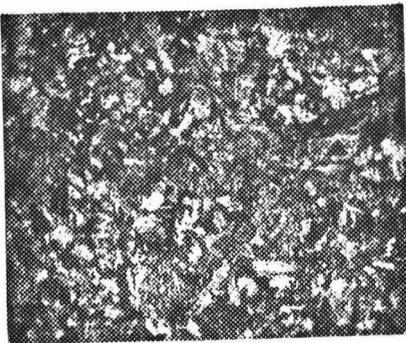
Estas deberán graficarse junto con los valores medidos, con el objeto de ver si se encuentran dentro de las normas.

Las gráficas mencionadas se anexan en el presente reporte para las dos muestras probadas. (ver tablas Nos. 2, 3, 4 y 5).

Por último, hay un checado final con las normas del usuario, las cuales se encuentran tabuladas en una carta con un orificio en la parte superior, por donde se comparan con los resultados obtenidos, sabiendo de esta manera, si el acero pasa la especificación del usuario. - (dicha carta también se incluye más adelante; ver tabla número 6).

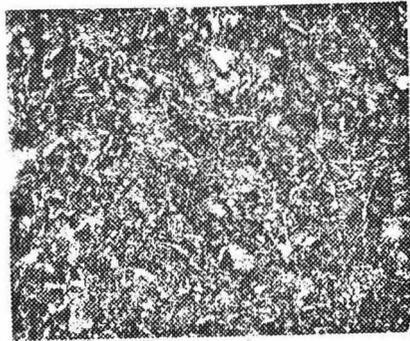
Como punto final, se anexan las micro estructuras de las muestras -- SCR 21, en las cuales se observan éstas, a diferentes distancias a partir del extremo duro-templado (ver fotos No.4, 5, 6 y 7).

FOTO 4



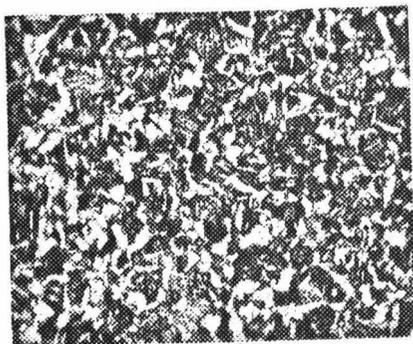
d = 1.5 mm (x350) MARTENSITA

FOTO 5



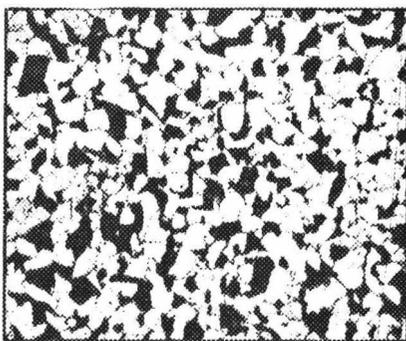
d = 7 mm (x350) FERRITA Y BAINITA

FOTO 6



d=20 MM (x 350)
FERRITA Y BAINITA. EMPIEZA LA PERLITA FINA

FOTO 7



d = 50 MM (x 350)
FERRITA Y PERLITA

| NORMA S. A. E. | 49 ~ 56 | | 38 ~ 51 | | 27 ~ 42 | | 25 ~ 35 | | 23 ~ 33 | | 31 | 29 | | | | |
|--------------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|--------------|---------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|------------|
| RESULTADO DE LA PRUEBA → | | | | | | | | | | | | TIPO DE AGUERO | | | | |
| NORMAS DE LAS DIFERENTES COMPANIAS → | | | | | | | | | | | | KE A 4130 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\frac{7}{16}$ | 1 (1.6) | 2 (3.2) | 3 (4.8) | 4 (6.4) | 5 (7.9) | 6 (9.5) | 8 (12.7) | 10 (15.9) | 12 (19.0) | 14 22.2 | 16 25.4 | 18 28.6 | 20 31.8 | 24 38.1 | 28 44.4 | 32 50.8 |

T A B L A 6

CAPITULO III

PRUEBA S.A.E. S.A.C.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS

1. Norma.

Esta prueba está hecha con la finalidad de determinar las propiedades de templado de los aceros para automóvil.

A esta prueba se le llama también S.A.C y estas letras significan: superficie - área - centro.

El área se calcula a partir de la sección transversal de dureza tomada de una muestra cilíndrica que haya sido templada y que tenga 1" de diámetro.

El método es aplicable a aceros al carbono y a aceros aleados, debido a que otros aceros no se endurecen homogéneamente a lo largo de toda la sección, si sus diámetros son de una pulgada o mayores.

Cualquier prueba S.A.C. de templabilidad, hecha bajo condiciones diferentes que las dadas en la recomendación S.A.C. no se considerarán como una norma y están sujetas a un arreglo entre el proveedor y el usuario.

2. Muestreo.

La barra a partir de la cual, el espécimen debe ser maquinado, deberá ser forjado o laminado en redondo con un diámetro de 1 1/4 de pulgada, lo cual representa la sección transversal del producto. Otras locaciones -- que sean diferentes de la sección transversal completa, pueden introducir factores que desvían la reproducibilidad de los resultados y deberán estar sujetos a un arreglo entre el productor de acero y el usuario.

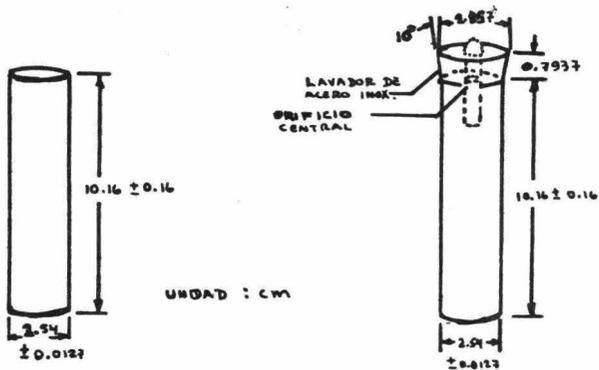
En todos los casos, los especímenes deberán ser maquinados a partir de - barras de suficiente diámetro para asegurar el estar libre de descarburización.

3. Normalizado.

El material, a partir del cual la probeta debe ser maquinada, se deberá normalizar durante una hora a una temperatura apropiada designada en la tabla No. 7, siguiéndole un enfriamiento de aire.

4. Probeta.

El espécimen deberá ser un cilindro de una pulgada de diámetro, cuatro pulgadas de largo, tal y como se muestra en la figura No. 4



El espécimen A se usará con la máquina de templado que se muestra en la Fig. 5A; y para el espécimen B, se deberá usar el aparato de la Fig.5B.

T A B L A 7

TEMPERATURA DE NORMALIZADO Y TEMPLADO a, b APLICABLES A ACEROS ORDENADOS A LOS
REQUERIMIENTOS DE DUREZA DE TEMPLADO
EXTREMO

| CONTENIDO MAXIMO ORDENADO DE CARBON | TEMPERATURA DE NORMALIZADO°C | TEMPERATURA DE AUSTENIZACION°C |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
|--|---------------------------------|-----------------------------------|

SERIES DE ACEROS 1000, 1300, 3100, 3200, 4000, 4100, 4300, 4600, 5000, 5100,
6100, 8600, 8700, 9400, 9700, 9800, 9900

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| Hasta 0.25 inclusive | 945°C | 945°C |
| 0.26 a 0.36 inclusive | 917°C | 890°C |
| 0.37 y más | 890°C | 862°C |

SERIES DE ACEROS 2300, 2500, 3300, 4800, 9200

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| Hasta 0.25 inclusive | 945°C | 862°C |
| 0.26 a 0.36 inclusive | 917°C | 813°C |
| 0.37 y más | 890°C | 802°C |
| 0.50 y más (9200) | 917°C | 890°C |

- a) Se permite una variación de $\pm 12.7^{\circ} \text{C}$
- b) Cuando se prueban aceros H, las temperaturas de normalización y austenización deben ser las mismas que para los aceros estandar equivalentes.
 Ejemplo: Para 8622H, las temperaturas de normalización y austenización deberán ser las mismas que para SAE 8622.
 Para 4032H (Carbón 0.30/0.37), la temperatura deberá ser la misma -
 que para SAE 4032. SAE (Carbón 0.30/0.35)

° Las temperaturas de normalización y austenización serán 10°C mayores para -
 las series 6100.

Fig. 5A

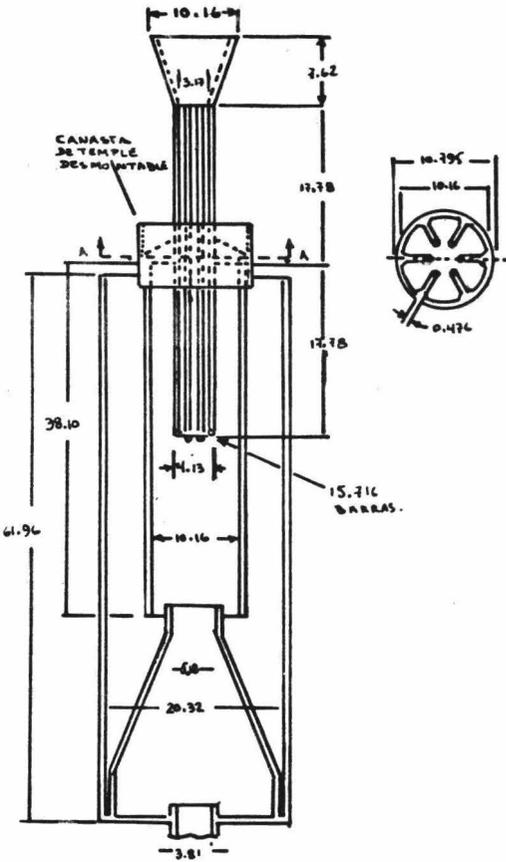
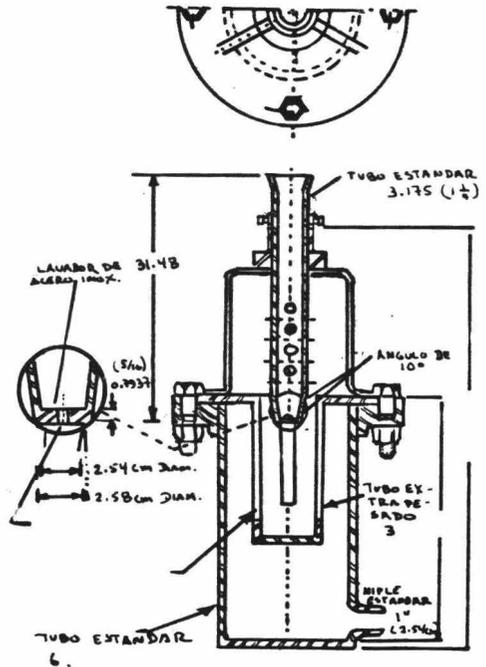


FIG. 5B



5. Calentamiento para el temple.

La muestra o espécimen, se deberá calentar a la temperatura de austenización, mostrada en la tabla No. 7 y mantenerse en ella por 30 minutos. La cámara del horno deberá ser del tipo mufla y la cantidad de oxígeno controlada, normalizando el tiempo de exposición.

6. Templado.

Frecuentemente, los especímenes S.A.C. se templan a mano por laboratorios que no tienen el aparato especial de templado mostrado en las Figs. 5A y 5B. En la mayoría de los casos, un templado a mano nos da resultados satisfactorios si suponemos, o nos aseguramos que la muestra sea bien agitada durante el templado. De cualquier manera, es recomendable usar cualesquiera de los aparatos mostrados en las Figs. 5A y 5B.

Los aparatos deberán ser ajustados en forma tal que el flujo de agua ascendente, tenga una altura libre de dos y media pulgadas sin el tubo de la muestra o la canasta en su lugar. La temperatura del agua deberá estar entre 65° y 85° F. (18.33°C y 29.44°C)

La muestra o probeta deberá ser removida del horno, tomando el extremo final con una pinza e inmediatamente depositada dentro de la canasta o el tubo guía como se muestra en la foto No. 8

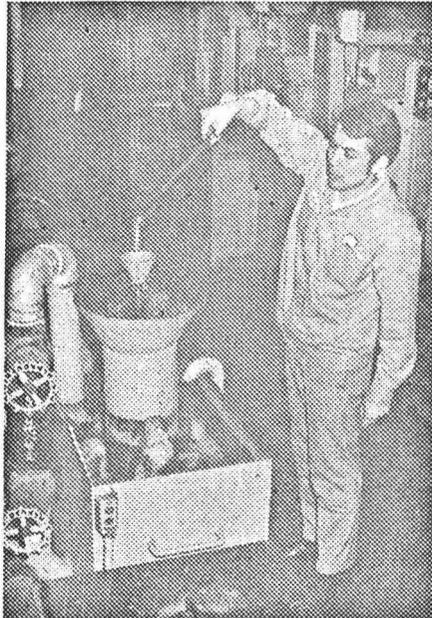
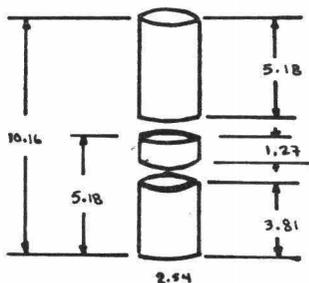


FOTO 8

Una vez que ha transcurrido el tiempo de permanencia de la probeta en el horno, se toma ésta y se deposita en el aparato de templado en menos de cinco segundos. Una vez que la muestra está dentro del aparato, deberá permanecer ahí por un mínimo de 60 seg. deberá ser tomada posteriormente con todo y canasta o tubo guía e invertida para sacarla.

7. Preparación para la prueba de dureza.

La probeta se deberá cortar transversalmente, de tal manera que la porción del fondo tenga $2\pm \frac{1}{6}$ de pulgada como se ilustra en la fig.6.



La muestra deberá tener 1/2 de pulgada de largo o como se desee. Deberá usarse herramienta de corte con la precaución de evitar un sobrecalentamiento.

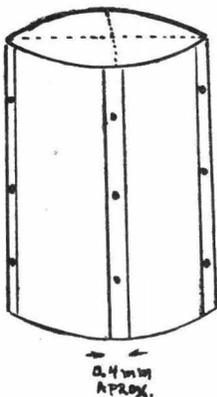
Las caras de la muestra deberán ser desvastadas en forma plana y paralela y terminadas a un pulido suficientemente fino para permitir una determinación satisfactoria de dureza.

Todas las superficies a probar deberán estar libres de templado, por lo cual se checan por medio de un ataque químico como se recomienda en la sección de medida de dureza (ver S.A.E y J.I.S.).

La presencia de áreas oscurecidas indica que el temple ha tomado lugar y se hace necesario un desvaste hasta eliminar los efectos del temple.

8. Prueba de dureza.

Deberán tomarse cuatro lecturas superficiales en el lado exterior de las cuatro caras de la muestra, estando estas separadas 90° una con respecto de la otra. La suma de todas las lecturas se promedia y esto representa la dureza de la superficie (S) Fig. 7.



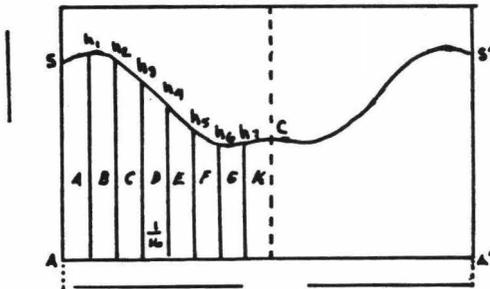
9. Lectura de las caras.

Deben obtenerse, haciendo la prueba de dureza a incrementos de $1/16$ de pulgada, a lo largo de dos diámetros, como se indicó anteriormente; para esto se cuenta con un dispositivo adecuado para sostener la muestra.

Las lecturas de cada distancia a partir del extremo de la muestra, deberán ser promediadas. Debido a que sólo hay una lectura central, la dureza promedio del centro, deberá ser el promedio de 5 lecturas, las cuales están constituidas de lectura central y 4 tomadas a $1/6$ de pulgada a partir del centro.

10. Estimación del área.

El área deberá ser calculada por unidades Rockwell pulgada, como se muestra en la fig. 8



S = DUREZA PROMEDIO DE LA SUPERFICIE
 h_1, h_2, h_3 Y ASÍ SUCESIVAMENTE = DUREZA PROMEDIO A PROFUNDIDADES INDICADAS
 C = DUREZA PROMEDIO DEL CENTRO

$$\text{ÁREA DE A} = \frac{S + h_1}{2} \times \frac{1}{16} \quad \text{ÁREA DE B} = \frac{h_1 + h_2}{2} \times \frac{1}{16}$$

$$\text{ÁREA TOTAL} = 2(A + B + C + \dots) + E + F + G + K1$$

$$= \frac{1}{8} \left(\frac{S}{2} + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + \frac{C}{2} \right)$$

FIG 3.- ESTIMACION DE AREA S. A. C.

En la cual las ordenadas son unidades Rockwell C, empezando con dureza - cero, y las abscisas constituirán una pulgada máxima. Las áreas deberán - ser Rockwell-Pulgada bajo la curva S' calculadas por el total de trapezoides.

11. Índice de templeabilidad.

La templeabilidad de un acero deberá ser designada por una clave conocida como número S.A.C. La clave deberá consistir en un conjunto de tres números formados por dos dígitos, incluyendo en ellos, primeramente dureza de la superficie, en segundo lugar, el área Rockwell pulgada, y por último, - la dureza del centro. Cada uno de dichos números deberá ser determinado-

como se describe en el presente trabajo.

Los valores deberán ser redondeados al número entero más próximo. Ejemplo: S.A.C. número 63-52-42 indica la superficie tiene una dureza de 63 Rockwell C, un área Rockwell pulgada de 52 y una dureza central de 42 Rockwell C.

12. Gráfica de la prueba.

Los resultados de la prueba deberán ser graficados en una forma adecuada, - tal y como se muestra en las tablas (8 y 9) y gráficas anexas.

13. Determinaciones prácticas.

| | | | | | |
|----------|--------|------|-----------|------|-----------|
| Muestras | SCR 21 | C = | .13 a .18 | | |
| | SCM 4 | C = | .38 a .43 | Cr = | .9 a 1.20 |
| | | S = | .15 a .35 | Mo = | .15 a .30 |
| | | Mn = | .60 a .85 | | |

Las muestras S.A.C. fueron tomadas del almacén de barras forjadas, las cuales habían sido hechas de billet o barra redonda en la planta y reducidas, - después de forjadas, a 30 mm de diámetro cuyas longitudes fueron tomadas ma yores de 230 mm, lo cual se hace siguiendo las normas. Deberá tomarse la - precaución de cumplir ésto debido a que hay que remover las capas superfi-- ciales descarburadas formadas por la acción del oxígeno o hidrógeno a tempe- raturas de tratamiento térmico (normalización). La muestra se normaliza a- 870°C en el caso de la SCM 4 y a 925°C para la SCR 21 durante una hora en - un horno de mufla. Una vez transcurrido este tiempo, es necesario enfriar- al aire.

Quando las muestras están completamente frías, se envían a la compañía de - maquinado para removerle las capas descarburadas, quedando como nuevas lon- gitudes: 100 mm (0.4 pulgadas) por 25.4 mm (1 pulgada). El maquinado gene- ralmente se efectúa un día antes de que la muestra regrese al laboratorio - de pruebas. Fig. 9.

T A B L A 8

PRUEBA S.A.C

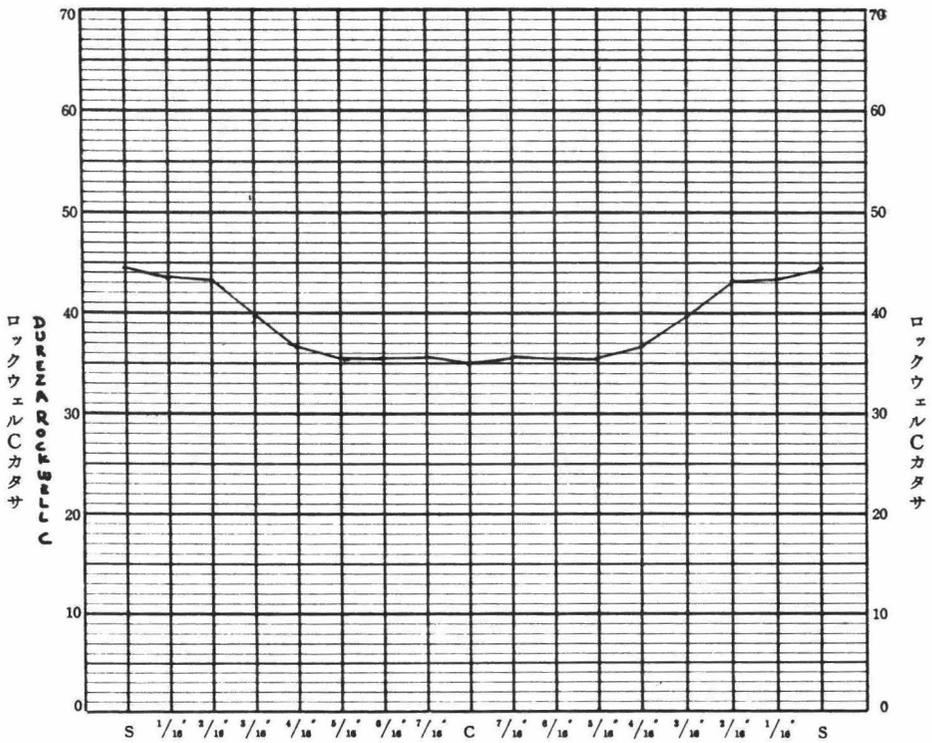
| TIPO DE ACERO | CLAVE | COMPOSICION QUIMICA | | | | | | | | | | | Nº DE COLADA | TEMP. °C | |
|---------------|--------|---------------------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--------------|------------------|----------------|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | Al | Sn | | NORMA LIEQUIM | TEMP. BUST. |
| SCR 21 | S 2483 | 17 | 28 | 71 | 11 | 14 | 6 | 4 | 107 | - | 34 | 7 | CARGA. | 925 | 925 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

PRUEBA S.A.C.

EJECUTOR:
MAURICIO DELAORTA Z.

| Tipo | SCR 21 | CLAVE | S 2483 | DIA M | 25.4mm | PERE | R A | CONDICION | TEMP. DE TEMPLE | |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------|------|-------------|----------------|---|--|
| | 43.33 | 45 | 45 | 43.93 | | | PROMEDIO X̄ | CALCULO DE (A) | 925 °C / 30' / TEMPLE H ₂ O | |
| S | (42.3)(44.4)(43.3) | (44.9)(43.3)(45.0) | (44.7)(45.7)(42.2) | (45)(45.9)(44.2) | | | 44.4 X, | 5 / 2 | 22.2 | |
| 1 | 43.0 | 43.3 | 43.0 | 43.6 | | | 43.2 | 1 | 43.2 | |
| 2 | 42.8 | 44.1 | 42.2 | 43.5 | | | 43.1 | 2 | 43.1 | |
| 3 | 39.1 | 42.0 | 37.7 | 40.9 | | | 39.9 | 3 | 39.9 | |
| 4 | 36.3 | 36.8 | 36.3 | 38.1 | | | 36.8 | 4 | 36.8 | |
| 5 | 36.1 | 34.9 | 35.1 | 36.3 | | | 35.6 | 5 | 35.6 | |
| 6 | 36.0 | 35.0 | 35.5 | 35.9 | | | 35.6 | 6 | 35.6 | |
| 7 | 35.9 | 36.0 | 37.0 | 35.9 | | | 36.2 | 7 | 36.2 | |
| C | 35.2 | — | — | — | | | 36.0 | C/2 | 18.0 | |
| CALCULOS FINALES | | | | | | | | | 310.6 | |
| (A) ÷ 8 | | | | | | | | | 38.9 | |
| S | | | | A | | | | C | | |
| 44.4 | | | | 38.9 | | | | 36.0 | | |

GRAFICA DE LA TABLA 8



試験片表面からの距離
 PENETRACION DEL TEMPLE DE LA
 SUPERFICIE AL CENTRO.

T A B L A 9

PRUEBA S.A.C.

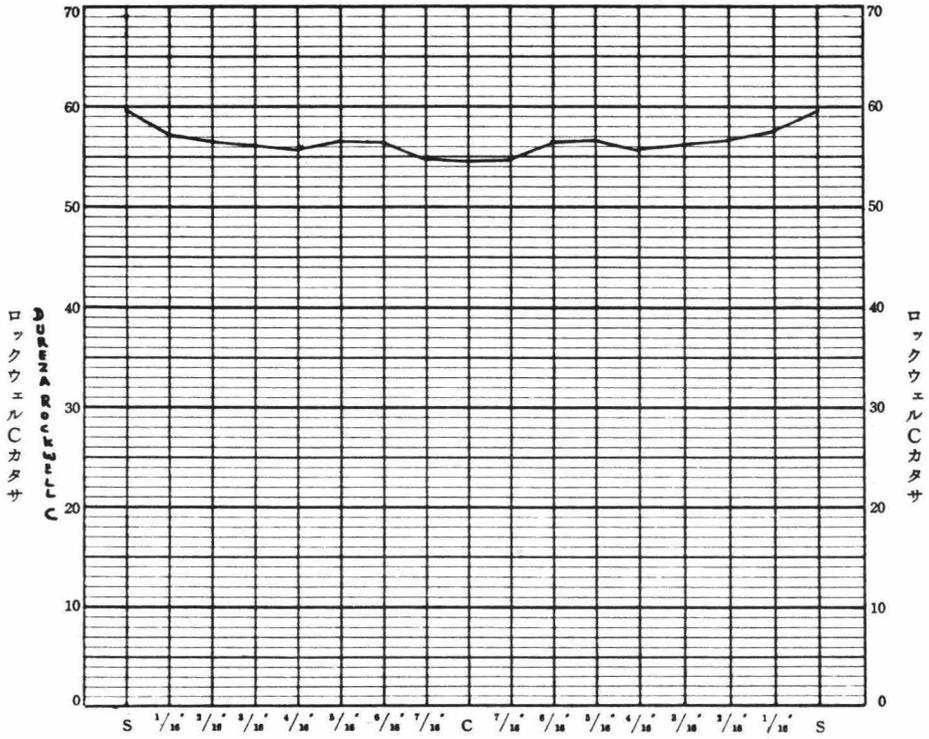
| TIPO DE ACERO | CLAVE | COMPOSICION QUIMICA | | | | | | | | | | | Ni DE COLADA | TEMP. °C | | |
|---------------|----------------|---------------------|------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|--------------|-------------|--------|--|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | Al | Sn | | NORMA LEACH | TEMPER | |
| SCM 4 | 5 2375 | 39 | 28 | 72 | 13 | 14 | 6 | 4 | 104 | 19 | 22 | 5 | CARGA | 870 | 845 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BILLET FORJADO | 30 | mm φ | | | | | | | | | | | | | |

PRUEBA S.A.C.

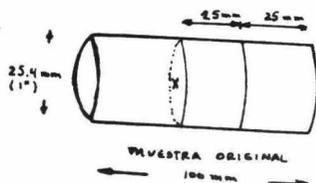
EJECUTOR:
MAURICIO DELAORTA Z.

| Tipo | SCM 4 | CLAVE | 5 2375 | DIA. M. | 25.4mm | IDENT. | 11/ JL | CONDICION | TEMP. DE TEMPLE | | |
|------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------------|--------|----------------|-----------|-----------------------------|--|--|
| | | | | | | | | | 870 °C / 30 1/TEMPER MIN | | |
| | 61.9 | 61 | 61.166 | 54.96 | PROMEDIO \bar{x} | | CALCULO DE (A) | | | | |
| S | (61.4)(2) | (61.5)(2.5) | (61.4)(4.5) | (59.8)(5.5) | (50.7) | 59.7 | 5 / 2 | 29.9 | | | |
| 1 | 56.7 | 58.5 | 58.0 | 56.8 | 57.5 | 57.5 | 1 | 57.5 | | | |
| 2 | 56.8 | 57.0 | 56.9 | 55.9 | 56.6 | 56.6 | 2 | 56.6 | | | |
| 3 | 56.3 | 55.9 | 56.7 | 56.2 | 56.2 | 56.2 | 3 | 56.2 | | | |
| 4 | 56.2 | 56.7 | 57.0 | 56.6 | 55.7 | 55.7 | 4 | 55.7 | | | |
| 5 | 57.2 | 55.8 | 56.9 | 56.5 | 56.6 | 56.6 | 5 | 56.6 | | | |
| 6 | 56.6 | 55.6 | 58.1 | 55.6 | 56.4 | 56.4 | 6 | 56.4 | | | |
| 7 | 54.0 | 55.8 | 55.9 | 53.4 | 54.7 | 54.7 | 7 | 54.7 | | | |
| C | 53.6 | — | — | — | 54.5 | 54.5 | C/2 | 27.3 | | | |
| CALCULOS FINALES | | | | | | | | 450.9 | | | |
| (A) ÷ 8 | | | | | | | | 56.4 | | | |
| S | | | | A | | | | C | | | |
| 59.7 | | | | 56.4 | | | | 54.5 | | | |

GRAFICA DE LA TABLA 9



試験片表面からの距離
 PENETRACION DEL TEMPLE, DE
 LA SUPERFICIE AL CENTRO.



Posteriormente, la muestra se sujeta a un proceso de endurecimiento, el cual consiste en calentar a la temperatura de austenización. Dicha temperatura cambia con el contenido de carbón, según se puede ver en el diagrama hierro-carbono. La temperatura se mantiene por 30 minutos, evitando el contacto del aire con la muestra, debido al peligro de una descarbonización; en este caso, en vez de usar una caja de grafito como agente protector de la muestra, se usará una atmósfera de nitrógeno inducida dentro del horno con un flujo de nitrógeno de 10 litros/min.

Una vez que el tiempo ha transcurrido, la muestra se toma con unas pinzas y en un período de tres segundos se introduce dentro de la máquina-S.A.C. como se mencionó anteriormente (ver foto 8).

Después de diez minutos, según la norma Kobe, la muestra se extrae debido a que se puede considerar que el temple por agua está terminado y no hay ningún peligro de cambio en la estructura.

En la Fig. 10 podemos ver los pasos que hemos seguido hasta el momento.

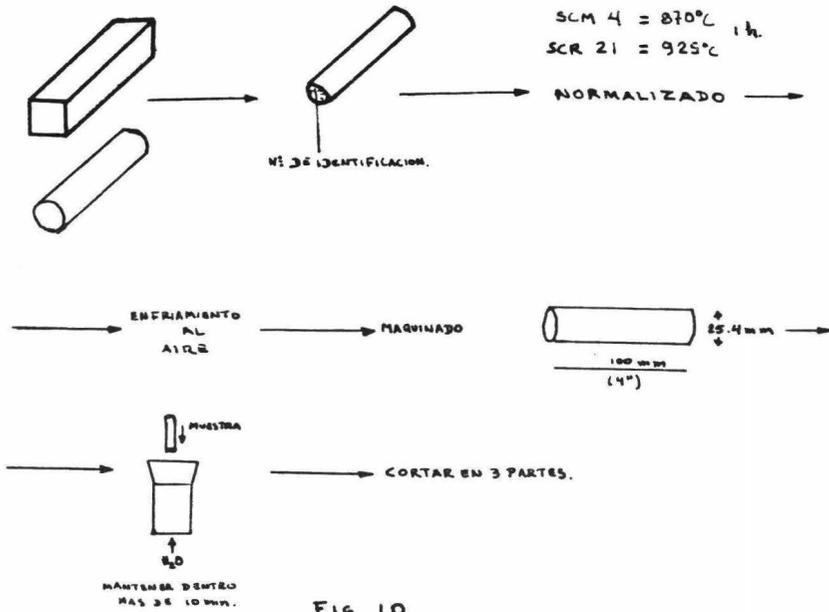
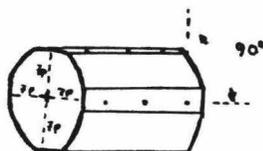


FIG 10

Después de que la muestra está fría, se toma fuera de la máquina y se corta en tres partes con el objeto de medir la dureza de la pieza templada Fig. 9.

La parte central de 25 mm se selecciona como probeta; durante el corte deberemos tener la precaución de evitar calentamiento para que no haya transformaciones de estructura y por consiguiente cambios en la dureza. A esta probeta se le hacen 4 cortes (Fig 11) en una forma lo más cuidadosa posible, estando cada uno de ellos a 90° uno con respecto del otro en el círculo. Esos planos son pulidos y en esas caras se efectúan tres lecturas de dureza (Fig. 11)



7P = 7 puntos.
Fig 11

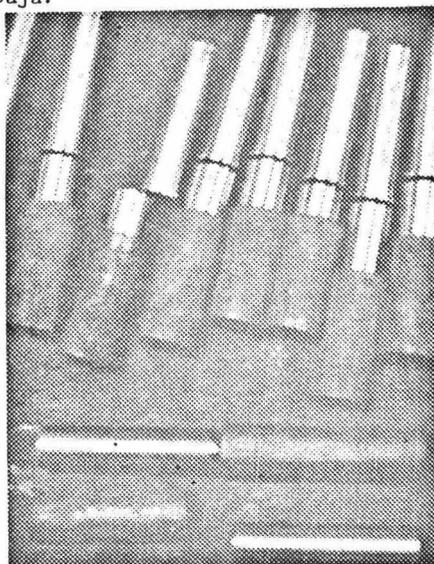
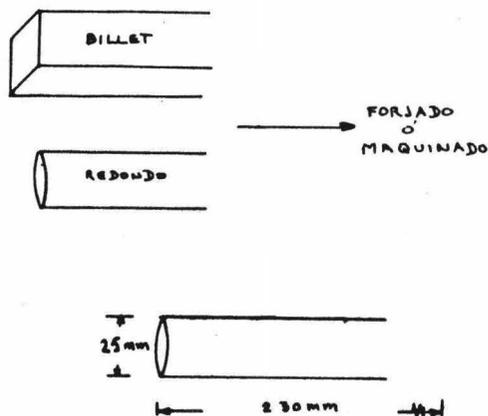
y en la cara superior, una lectura en el centro y siete de cada lado. Dichas lecturas se escriben en un papel especial de reporte, como el que se incluye más adelante y posteriormente se grafican en un papel para gráfica S.A.C. (Tablas 8 y 9) páginas 32 a 35.

La gráfica resultante muestra la dureza promedio a lo largo de la cara de la muestra debida al efecto del agua de templado.

CAPITULO IV

PROBETA PARA PROPIEDADES MECANICAS; PREPARACION Y TRATAMIENTO TERMICO

El billet usual o la barra redonda, se reducen por medio de forja o maquinado a una pequeña barrita de 25 mm. de diámetro y 230 mm. de largo como se muestra en la Fig. 12 y foto 9 parte baja.



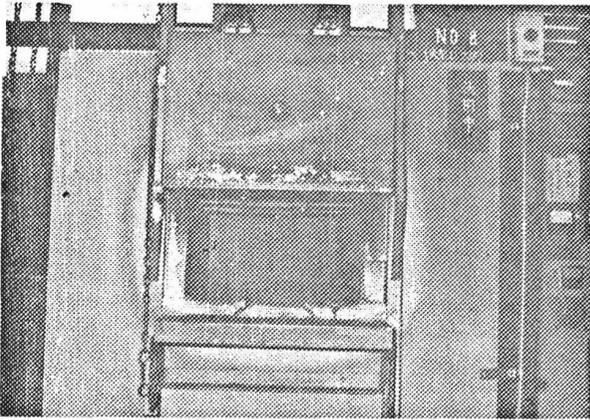
La muestra se envía al laboratorio de tratamiento térmico en el cual se calienta a la temperatura de templabilidad, de acuerdo a las normas J.I.S. G 4105 en el caso de SCM 3.

En el caso de la muestra S 45C a la norma G4051

| | | |
|-------|----------------------|-------------------------|
| | C = (0.33 a 0.38) % | P = (0.030 max.) |
| SCM 3 | Si = (0.15 a 0.35) % | S = (0.030 max.) |
| | Mn = (0.60 a 0.85) % | Cr = (de 0.90 a 1.20) % |
| | | Mo = (de 0.15 a 0.30) % |
| | C = (0.42 a 0.48) % | P = (0.030 max.) |
| S45C | Si = (0.15 a 0.35) % | S = (0.035 max.) |
| | Mn = (0.60 a 0.90) % | |

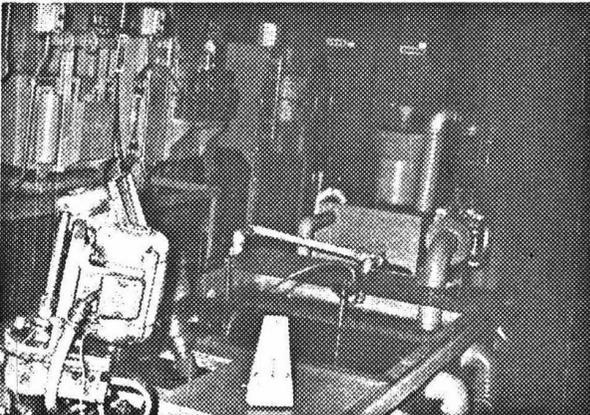
Después de haber templado en agua y aceite, estando las probetas a las temperaturas de 845°C y 855°C respectivamente, y una enérgica agitación dentro del líquido con la finalidad de obtener el enfriamiento correcto (la agitación se controla por un metrónomo) la pieza se calienta nuevamente en un horno durante dos horas a 600°C y se templea en agua o aceite. (Fotos 11, 12 y 13) Figs. 13 A y 13 B.

FOTO 11



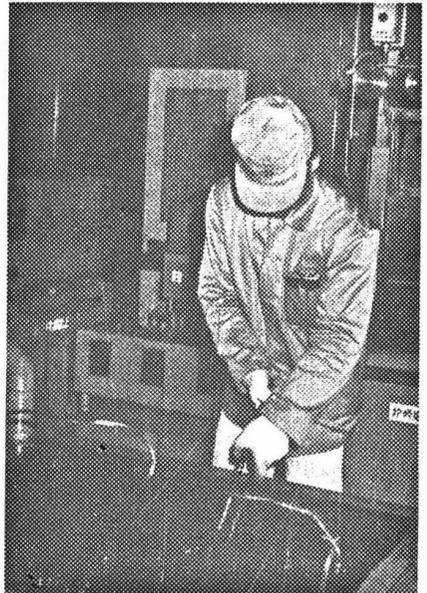
EN ESTE HORNO LAS PIEZAS SE CALIENTAN PARA SER TEMPLADAS O

FOTO 13

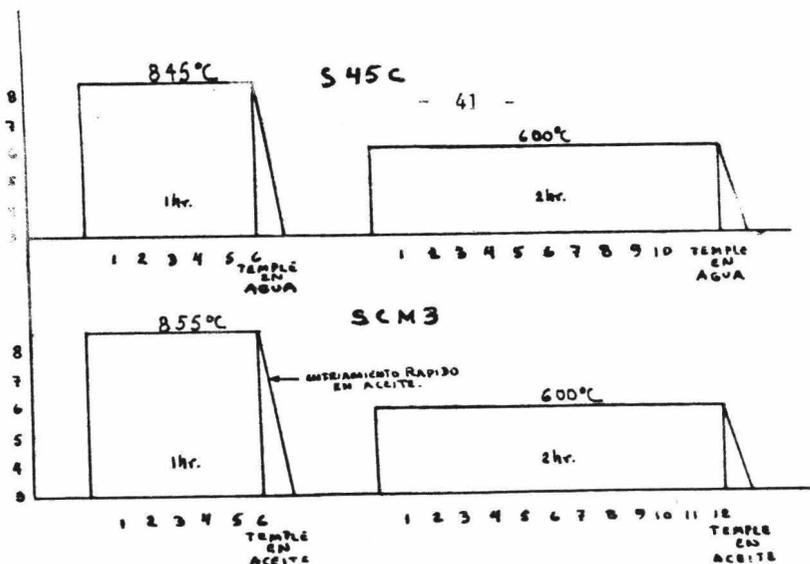


RECIPIENTE PARA EFECTUAR EL TEMPLADO O EL REVENIDO EN AGUA. (VEASE TAMBIEN EL METRONOMO)

FOTO 12



MANERA DE EFECTUAR EL TEMPLADO O EL REVENIDO EN ACEITE



Deberá tomarse como precaución no exceder en 3 segundos el tiempo de transporte de la probeta del horno al tanque de temple. Lo mismo ocurre con la velocidad de los movimientos de temple dentro del tanque que deberán ser controlados al mismo ritmo que la aguja del metrónomo como ya se mencionó anteriormente.

Una vez que la muestra está completamente fría, se extrae del fondo del tanque con el objeto de enviarla a la compañía de maquinado, para darle la forma adecuada para la prueba de propiedades mecánicas. En este caso, en particular, son las pruebas de tensión y de impacto de acuerdo ya sea con las normas J.I.S. o las Kobe Seiko, que se mencionarán en un capítulo posterior.

La tabla No.10 nos muestra los pasos que sigue la probeta en sus diferentes preparaciones.

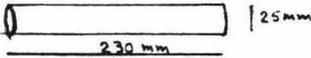
La muestra para la prueba de tensión se corta en la línea horizontal perpendicular a la dirección del laminado, con el objeto de poder tomar la dureza Brinell en esa parte, tal y como se muestra en la fotografía-10.

T A B L A 10

S 45 C

C 5382 (NT)

Forjado → 30 mm φ → 25 mm φ



↓
TEMLADO

hr. en horno # 6
(820 ~ 870)°C

↓
845°C

↓
TEMLADO EN AGUA
Movimiento de reloj
durante 15 veces
(metrónomo)

↓
REVENIDO

hr. en Horno B
(550 ~ 650)°C

↓
600°C

↓
TEMPLE EN AGUA
Movimiento de reloj
durante 15 veces

↓
MAQUINADO

↓
MUESTRA PARA TENSION
JIS - 4 Z - 2201

+

MUESTRA PARA IMPACTO
JIS - 3 Z - 2202

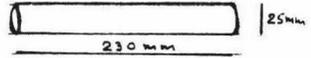
+

MEDICION DE DUREZA BRINELL

SCM 3

S 2669 (17)

Forjado → 30 mm φ → 25 mm φ



↓
TEMLADO

1 hr. en horno # 3
(850 ~ 880)°C

↓
845°C

↓
TEMLADO EN ACEITE
Movimiento de reloj
durante 15 veces
(metrónomo)

↓
REVENIDO

2 Hr. en Horno B
(550 ~ 650)°C

↓
600°C

↓
TEMPLE EN ACEITE
(enfriamiento rápido)
Movimiento de reloj 15 veces

↓
MAQUINADO

↓
MUESTRA PARA TENSION
JIS - 4 Z - 2201

+

MUESTRA PARA IMPACTO
JIS - 3 Z - 2202

+

MEDICION DE DUREZA BRINELL

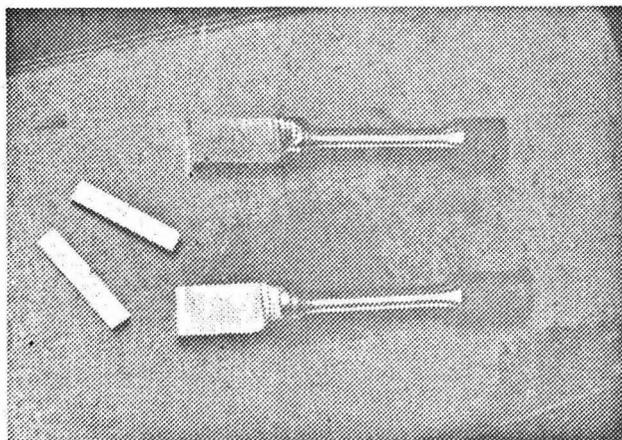


FOTO 10

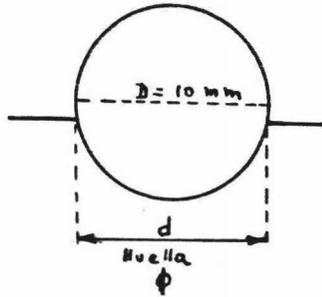
1. Dureza Brinell.

Esta dureza se toma en la probeta sobre la línea de corte y se anota con un marcador sobre la misma superficie antes de ser enviada a la prueba de tensión. Foto 10.

A continuación se mencionan los pasos que deberán seguirse:

La máquina Brinell se presuriza por medio de un brazo hasta obtener -- 3000 Kgs. La bola de acero del penetrador es accionada sobre la superficie del acero, lo cual lo deformará, dejando una huella en forma de orificio esferoidal.

La acción de la máquina deberá tener lugar durante 30 segundos y el diámetro de la bola de acero del penetrador es de 10mm. La huella se mide por medio de un microscopio, el cual tiene una escala en el ocular y la dureza se encuentra de la siguiente manera (Fig. 14)



2P

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

HB = Dureza Brinell

P = Carga

D = Diámetro de la bola de acero (mm)

d = Diámetro de la huella (mm)

Para poder encontrar la dureza en un tiempo corto, lo mejor es construir una tabla que nos de ésta, dependiendo de la carga, como una constante y el diámetro de la huella como una variable.

CAPITULO V

LABORATORIO MICROSCOPICO

El laboratorio microscópico de la planta de Nadahama, de la Kobe Steel, es parte del centro de materiales y las principales pruebas efectuadas aquí son las siguientes:

- Microestructura
- Inclusiones
- Tamaño de grano austenítico
- Descarburización
- Segregación
- Prueba de impresión de azufre
- Otras

A. Funciones del laboratorio.

Este laboratorio está constituido por 8 microscopios metalográficos de diferentes tamaños, los cuales están dedicados principalmente a trabajos de rutina, pero algunas veces se lleva a cabo aquí, alguna investigación práctica.

De dichos microscopios, dos están seleccionados para el uso de microfotografía. Uno de ellos, tiene adaptada una cámara de 35 mm y el otro, un sistema de placa. Muestras de dichos microscopios se pueden ver más adelante (Fotos 30 y 31)

El criterio para el uso de los microscopios está de acuerdo al tiempo - disponible, ya que la cámara de 35 mm contiene 36 disposiciones de tal- manera que hay que esperar hasta la terminación de la película, pero en el sistema de placa, dicha película se puede revelar de inmediato; el - costo del proceso y materiales es también importante, ya que el sistema de placa es más caro.

1. Proceso de muestreo.

La muestra se toma de la probeta original que previamente estaba trata- da térmicamente o bien sólomente laminada de acuerdo a la norma J.I.S. G 0303 (ver Fig. 15 en donde se muestra de dónde tomar una muestra).



Fig 15

2. Cortado.

Depende del tamaño de la pieza; hay dos máquinas cortadoras. Una se dedica para piezas grandes y la otra para piezas pequeñas, por lo cual recibe el nombre de micro-cortadora. (Foto 14)

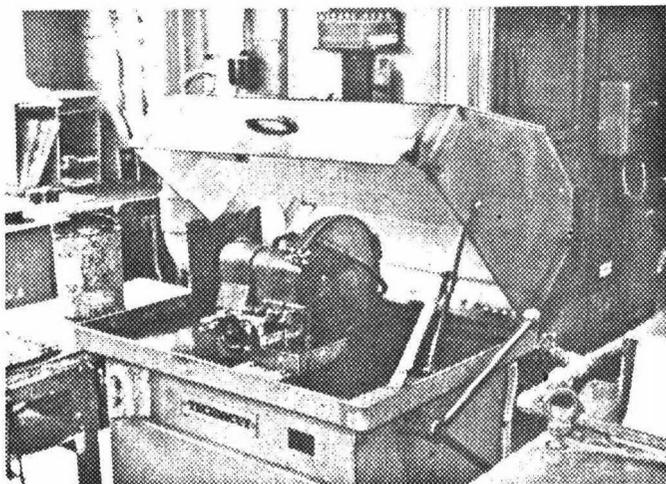


FOTO 14

3. Primer desvaste.

Hay varios papeles para lograr un desvaste en las probetas metalográficas, los cuales se presentan en diferentes mallas; usualmente se utilizan de 80 a 100 mallas. El camino normal para efectuar el desvaste y pulido en una muestra es como sigue:

Después de cortar → desvaste a 60 mallas → 180 ma--
llas → 280 mallas → 600 mallas → y finalmente-
1000 mallas. (ver foto 15).

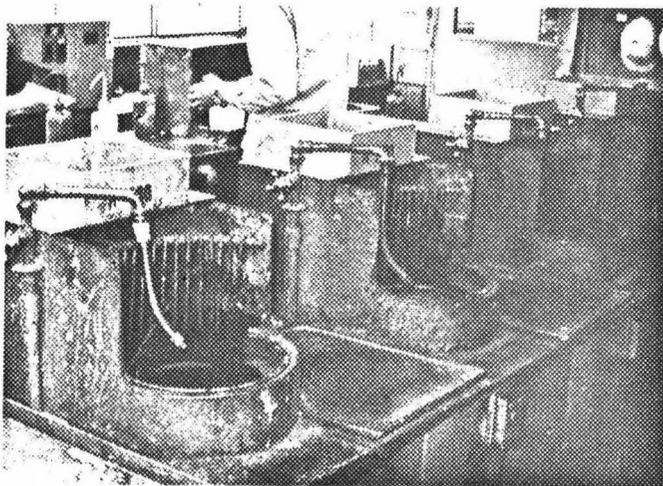


FOTO 15

cuando el desvaste de 600 mallas se ha terminado, la muestra presenta - un aspecto semi-espejo, lo cual significa que está preparada para pulir se en el disco cubierto con paño, pero debemos estar seguros que la superficie se encuentra libre de suciedad y ralladuras porque hacen el siguiente paso muy difícil, de tal manera que el acabado superficial deberá ser de semi-espejo. Posteriormente se lava con agua, y se seca con aire caliente estando preparada para pulirse.

Usualmente el pulido se hace con el óxido de cromo, pero para fines de investigación, deberá usarse alúmina Al_2O_3 (Foto 16)

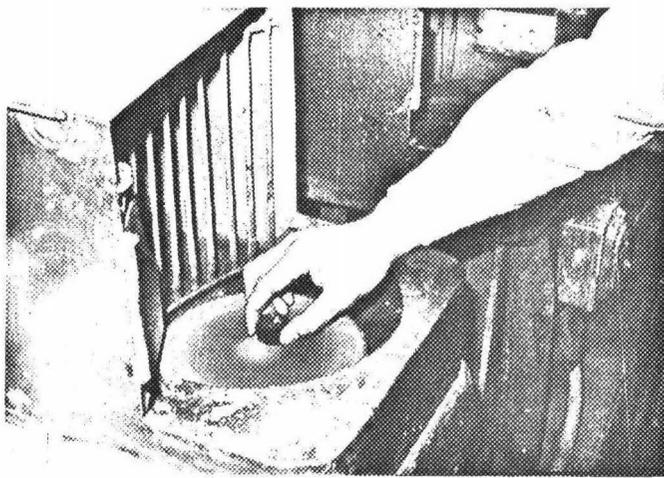


FOTO 16

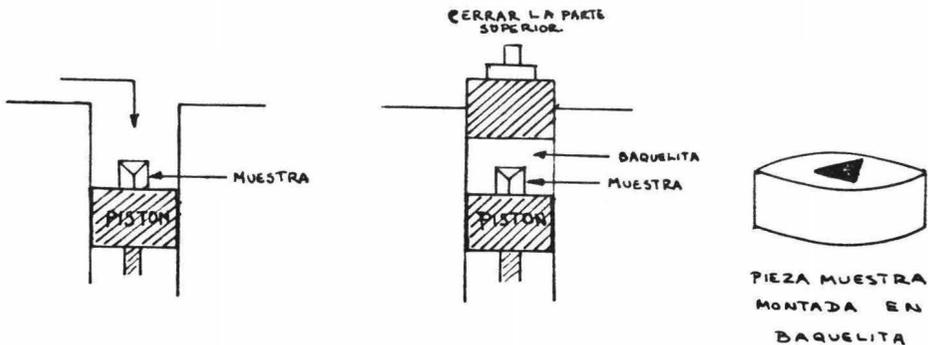
queda un mejor pulido superficial; pero antes de aplicar ésta, deberemos tener mucho cuidado de eliminar cualquier impureza de otros materiales - de pulido que pueden dañar la superficie de las muestras especiales.

El caso mencionado de pulir la muestra después del desvaste, no es el más usual en esta compañía, debido a que la mayoría de las muestras son pequeñas, de tal manera que deben ser montadas primeramente en resina de baquelita o eprac.

La baquelita se usa como un medio envolvente para la muestra por tratar, pero su uso es limitado debido al costo y la capacidad de la máquina, - que es de una muestra a un tiempo. Es indudable que la calidad de las - montaduras es muy buena por lo que se empleará para casos de investiga- ción.

Los pasos que se siguen para montarla son los siguientes:

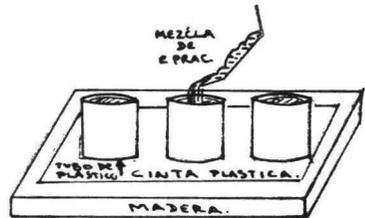
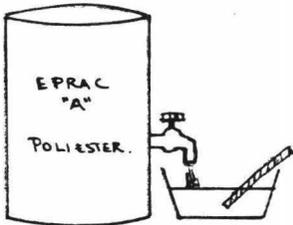
1. Colocar la muestra en el fondo del molde
2. Llenar con polvo de baquelita
3. Cerrar la parte superior del molde, poniendo el seguro
4. Colocar el termoselector al 150°C
5. Aplicar presión entre 250 y 350 Kg/cm²
6. Esperar nueve minutos
7. Despresurizar y tomar la muestra
(ver figura 16)



El caso de la resina de eprac es el más ampliamente usado en Kobe Steel, debido a su fácil manejo, bajo costo y la gran cantidad de muestras que pueden montarse a un tiempo con el consecuente ahorro de dinero y de esfuerzo; otra ventaja es su corto tiempo de solidificación en 5 minutos.

El método para montar la muestra se enuncia a continuación:

1. En una mesa plana, cubierta con una cinta plástica, se colocan varias secciones de pequeños tubos de plástico, la cantidad de éstos es igual en número a las muestras por probar.
2. Las probetas o muestras se colocan en el fondo del tubo, con la cara que va a ser observada mirando hacia el fondo.
3. En un recipiente se ponen 250 cc de resina poliéster eprac y unos -- cuantos gramos de eprac A; además, 50 gr. de polvo de eprac; todos se mezclan; posteriormente se agregan unos cuantos gramos de eprac B.
4. La mezcla mencionada en el número 3 deberá tener una consistencia pesada, una vez que esto se ha logrado, se vacía sobre los pequeños tubos que contienen la muestra. Después de cinco minutos los tubos pueden ser separados de la resina.
5. Las piezas resultantes están listas para ser desbastadas y pulidas.- (ver figura 17).



4. Materiales de ataque.

En la planta de Kobe existen cuatro materiales especiales que se emplean como agentes atacantes y son:

- a) Nital 3 y 5 %
- b) Picral 3%
- c) Picrato sódico NaOH = 25 gr (NO₂) C₆H₂OH = 2 gr se completa con -
agua a 100 cc y la muestra es hervida en esta solución
- d) La siguiente mezcla: K₃Fe (CN)₆ = 10 gr *
NaOH = 10 gr

Complete con agua a 100 ml y hierva la muestra en esta solución. Después de secar, el proceso siempre es seguido por un lavado con agua caliente y un secado con aire caliente por medio de una secadora.

5. Prueba de microestructura.

La prueba de microestructura puede ser hecha directamente después de los siguientes procesos:

- Laminado
- Normalizado
- Recocido
- Recocido esferoidal
- Templado
- Revenido

a) Laminado

En este proceso, la microestructura generalmente se compone por perlita gruesa, debido al calor a que se somete la lámina en la planta, lo cual hace posible en gran extensión el crecimiento de la perlita.

b) Normalizado.

En este tratamiento se busca una estructura metalográfica normal, de tal manera que la perlita es fina y uniformemente distribuída.

c) Recocido

La microestructura está constituida principalmente por perlita muy pequeña, uniformemente distribuida.

d) Recocido esferoidal.

Aquí, el principal constituyente es el grafito esferoidal

e) Revenido

El principal constituyente de esta estructura es la martencita

B. Determinación del tamaño de grano.

Este es un método para determinar la calidad del acero en función de su grano cristalino modificado con la temperatura, es decir, el tamaño del grano austenítico, el cual es el más importante de los diferentes tipos de grano, debido a que el acero calentado entre los 750 y 1000°C, o sea arriba de sus puntos de transformación Ac_3 , Ac_1 , Ac , se encuentra en la condición austenítica y corresponde a un momento antes del inicio del enfriamiento con un propósito que puede ser de recocido, normalizado, templado, carburización u otro tratamiento.

Las principales conclusiones que se han sacado acerca del tamaño de grano austenítico se enuncian a continuación:

1. El tamaño de grano austenítico es un factor decisivo para ver la calidad y propiedades del acero.
2. Siempre que un acero proviene de una misma vaciada, dará productos con el mismo tamaño de grano y mismas propiedades.
3. El tamaño de grano austenítico se modifica con un incremento de la temperatura y tiempo de calentamiento.
4. Los aceros con una dureza Rockwell 55 C o superior, tienen una relación cercana entre la fractura de grano y el tamaño de grano austenítico an-

tes del revenido (temper)

5. El tamaño de grano en un acero, puede cambiar dependiendo de los materiales desoxidantes y así tenemos que un grano desoxidado con sílice es más grande que uno desoxidado con alúmina.

6. Etc., etc., etc.,

a) Determinación

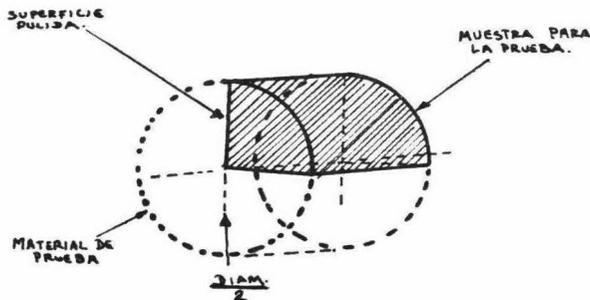
Esta prueba se clasifica bajo J.I.S. 0551. El principal objetivo es obtener el número del tamaño de grano, el cual es el que se presenta con máxima frecuencia y se clasifica de acuerdo a la tabla No. 11.

En la Kobe Seiko, se usa por medio de una carburación del acero.

b) Probeta.

La probeta normalizada, deberá tener una forma circular o cuadrada - de 5 a 20 mm de diámetro y de 10 a 30 mm de longitud.

Deberá extraérsele cualquier vestigio de aceite, grasa, óxido y la - capa descarburada o cualquier otro depósito. La Fig. 18 nos muestra la forma de extraer la probeta.



T A B L A 11

| | NUMERO DE TAMAÑO DE GRANO (N) | NUMERO DE GRANOS POR mm ² (n) | AREA MEDIA POR GRANO mm ² |
|-------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| 50 X | - 3 | 1 | 1 |
| | - 2 | 2 | 0.5 |
| | - 1 | 4 | 0.25 |
| | 0 | 8 | 0.125 |
| 100 X | 1 | 16 | 0.062 |
| | 2 | 32 | 0.031 |
| | 3 | 64 | 0.0156 |
| | 4 | 128 | 0.0078 |
| | 5 | 256 | 0.0039 |
| | 6 | 512 | 0.00195 |
| | 7 | 1024 | 0.00098 |
| | 8 | 2048 | 0.00049 |
| 00 X | 9 | 4096 | 0.000244 |
| | 10 | 8192 | 0.000122 |

OBSERVACIONES:

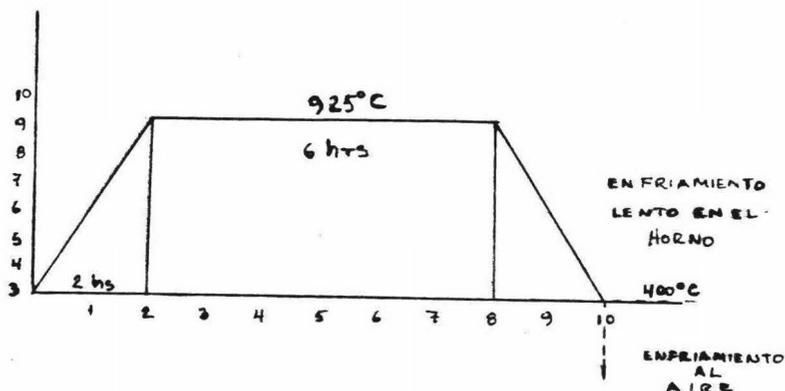
ESTA TABLA INTRODUCE LA FORMULA RELATIVA:

$$n = 2^{n+3}$$

Regularmente se pueden conseguir tablas estándares a 100 aumentos, que ilustran lo anterior.

c) Método de pruebas.

La probeta deberá ser embebida y sellada en un pequeño depósito que contiene el agente carburizante, el cual está constituido principalmente de carbón, en un porcentaje que varía entre un 60 y un 80% y de $BaCO_3$ en un porcentaje entre 20 y 40% y posteriormente se le coloca en un horno eléctrico y se calienta a $925^{\circ}C$ a partir de $0^{\circ}C$ lo cual dura aproximadamente 2 horas, manteniendo posteriormente la temperatura por 6 horas; una vez transcurrido el tiempo mencionado se enfría lentamente hasta $400^{\circ}C$ dentro del mismo horno, extrayendo la probeta para su enfriamiento en el aire. (Fig. 19).



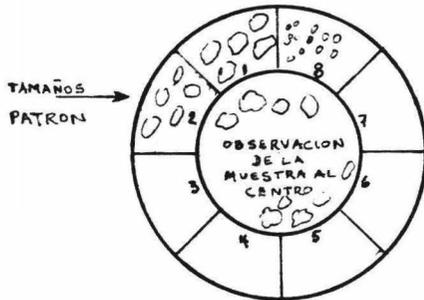
La probeta deberá ser seccionada lo más cercano posible a su línea central ($D/2$) tal como se mostró en la fig. 18.

Una vez que la muestra se montó en baquelita, o bien, eprac u otra resina similar, o bien, si ésta es grande, sin la montadura, deberá pulirse y atacarse con una solución alcalina de picrato sódico, ácido nítrico y alcohol etílico o ácido pícrico y alcohol etílico.

El ataque deberá ser controlado por observación de la superficie de la muestra, hasta que ésta no presente lustre, siguiéndole un inmediato lavado con agua caliente y secado con aire caliente.

d) Estimación del tamaño de grano.

La probeta deberá se examinada en el microscopio a 100 aumentos: - en uno de los oculares se monta una escala con la norma del tamaño del grano del número 1 al 8, es decir, existen figuras de granos - continuadas del 1 al 8, dependiendo de su tamaño, acomodadas en forma circular. En el centro de la escala, hay un pequeño círculo por donde se observa la muestra y, fácilmente se puede comparar con el standard (Fig. 20).



Si el tamaño de grano que estamos observando cae dentro de 2 estándares, por ejemplo 6 y 7, se puede aceptar un valor intermedio de - 6.5.

El rango de la determinación en algunas ocasiones cae fuera de los valores fijados del 1 al 8, el procedimiento a seguir para determinar el tamaño de grano será:

- a) En el caso de que sea menor de 1, usaremos 50 amplificaciones.
- b) Si es mayor de 8, usaremos 200 amplificaciones (200x)

Todo esto se muestra en la tablas Nos. 12 y 13.

Cuando se presenta el caso de tener granos mezclador, el porcentaje de éstos deberá reportarse por una apreciación visual del área ocupada por cada uno ya que no existe otra manera de hacerlo.

T A B L A 13

| | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|-----------------|----|---|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|--------|---|---|------------------|---|--|
| 1 | | | c | 20 _B | 30 _A | 50 | | } | | | | |
| 2 | c | b | 30 _A | 40 | 30 _A | b | c | | | | | |
| 3 | | | | 40 | 20 | 20 | | | } | GRANO COMPLETADO | | |
| 4 | | | | 50 | 50 | | | | | | | |
| 5 | c | b | 30 _A | 50 | 20 _A | b | c | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| Σ | | | 60 | 200 | 170 | 70 | 500 | | | | | |
| Tamaño de Grano | | | 60x1 = 60 | 200x2 = 400 | 170x3 = 510 | 70x4 = 280 | = 1250 | | | | | |

$$\text{DETERMINACION} = \frac{1250}{5} = 250$$

$$\text{TAMANO DE GRANO} = 2.5$$

∴ ES GRANO GRUESO.

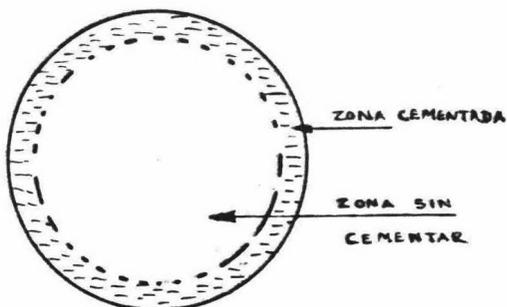
Todas las observaciones del tamaño de grano y porcentaje de éste en el campo microscópico, se reportan en una hoja especial como se muestra en la tabla 12.

En la parte superior y de izquierda a derecha, se anota el tamaño de grano desde menos -1,0,1,2..... hasta 9 o más. En el lado izquierdo, empezando de la parte superior hasta el fondo, se anota el número de determinaciones de 1 a 10, así como algunas anotaciones de la cantidad total en porcentaje de cada tamaño de grano.

El número total de determinaciones se hace en diferentes partes de la muestra y suma un total de 10.

Posteriormente todas las determinaciones se encontrarán acomodadas por columna de acuerdo con su tamaño y el porcentaje determinado en cada observación; efectuándose finalmente la suma por columnas.

En el caso de que tengamos casi los mismos números de tamaño de grano, -- por ejemplo, 6, 6.5 y 7, éstos no se deberán considerar como una mezcla verdadera de granos a menos que existan 4 granos diferentes seguidos uno de otro o 3 diferentes separados entre ellos y que no formen una continuidad. Las observaciones deberán efectuarse en la zona cementada y no en ninguna otra parte debido a que existen granos de Fe_3C (Fig. 21).



- GRANO GROSERO: Se considera de menos -1 a 4
- GRANO FINO: Se considera de 5 hasta 9 o más
- GRANO DUPLEX: Si tenemos 3 o más granos, deberemos efectuar la prueba de grano duplex observando primero cuál es el grano mayor, anotándolo en la tabla anterior y encerrado en un círculo.

Dentro de esta tabla contaremos 3 espacios a la derecha o a la izquierda, anotándolo como 1,2,3 ó a,b,c, tal y como se mostró en la tabla 12.

En el lugar en donde se encuentre la letra c ó número 3, dependiendo de lo que se haya escogido, deberá existir más de un 20% del grano para ser considerado como duplex. La determinación duplex se hace solamente con 5 observaciones. En el ejemplo anterior hemos mostrado que en el lugar c ó 3, no hay ningún grano duplex debido a que siempre se encuentra una cantidad menor al 20% por lo que le llamamos grano de complemento. Finalmente, se incluyen los resultados de 3 determinaciones que efectué en tres diferentes muestras con respecto a su tamaño de grano y a su microestructura, tal y como se muestra en las tablas 13 y 14 y en las fotos 17, 18 y 19.

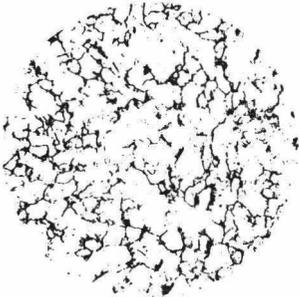


FOTO 17
S 45C T.G. 7.24



FOTO 18
SCR 21 T.G.7.46



FOTO 19
SCM3 T.G.7.385

C. Determinación de inclusiones.

T A B L A 14

REPORTE DE TAMAÑO DE GRANO

| TIPO DE ACERO | IDENTIFICACION | TAMAÑO DE GRANO |
|---------------|----------------|-----------------|
| S 45 C | u J | 7.2 |
| SCR 21 | c = | 7.5 |
| SCM 3 | j t | 7.4 |

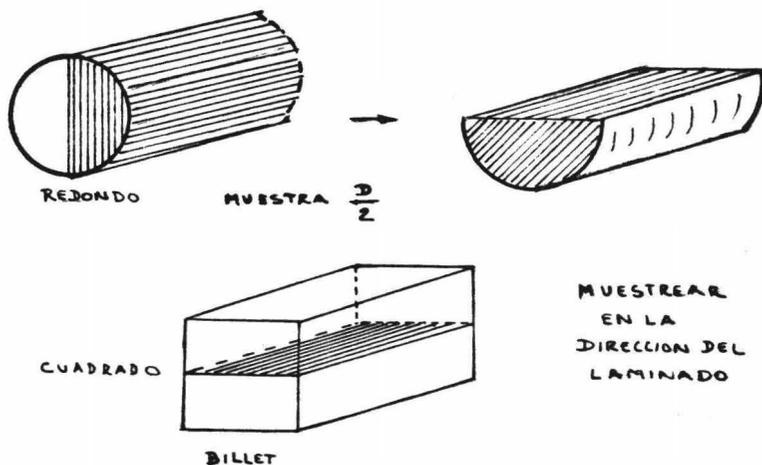
| AUMENTOS | |
|----------|-------|
| S 45 C | 100 X |
| SCR 21 | 100 X |
| SCM 3 | 100 X |

Hay dos sistemas en Japón para la medida de inclusiones en el acero; el método J.I.S. y el método A.S.T.M.

Ambos están basados fundamentalmente en la distinción de las inclusiones por su color y forma.

1. Muestreo

Se efectúa de acuerdo con la dirección de laminado. La probeta se toma de la laminación y su diámetro se divide en dos, ya sea circular o su sección se divide en dos si es sección cuadrada; ésta pieza puede ser posteriormente pulida o bien, primero montada en una resina del tipo de eprac o baquelita y entonces pulida (Fig. 22).



La clasificación de inclusiones está anotada dentro de la tabla No.15. -

2. Determinación. Método J.I.S.

La determinación se hace a 400x; en uno de los oculares se coloca una malla de 20 cuadros por lado. El tamaño de la malla es de 32 mm y cada cua

T A B L A 15

TIPOS DE INCLUSIONES DE LA JIS Y DE ASTM

| | | | |
|------------------|--------|--|---|
| J I S | TIPO A | Inclusiones vistas en la dirección del laminado: MnS, Fe ₂ S, SiO ₂ |  |
| | TIPO B | Inclusiones vistas en la dirección del laminado: Al ₂ O ₃ |  |
| | TIPO C | Inclusiones vistas en la dirección del laminado: Oxido en general |  (separados y sin orden) |
| A S T M | TIPO A | Tipo de azufre (S) | |
| | TIPO B | Tipo Alúmina (Al ₂ O ₃) | |
| | TIPO C | Tipo Sílice y otros silicatos (SiO ₂) | |
| | TIPO D | Tipo óxidos | |

NOTA:

Los tipos ASTM se anexan a continuación en la tabla número 13

dro tiene .8 mm por lado; la cantidad total es de 400 cuadros.

Las inclusiones deberán verse en el microscopio y ser identificadas dependiendo de su constituyente; algunos tipos de inclusiones se muestran en las fotos 20 a la 23.

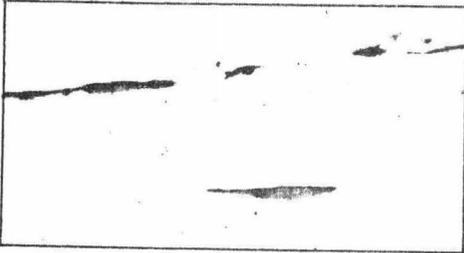


FOTO 20
TIPO AZUFRE

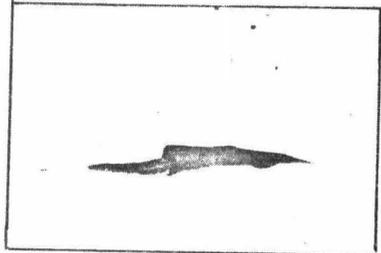


FOTO 21
TIPO SILICE

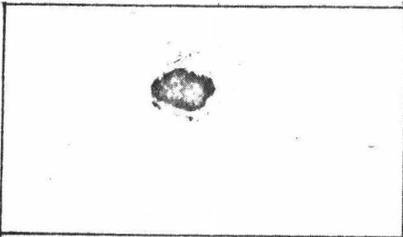


FOTO 22
TIPO OXIDOS

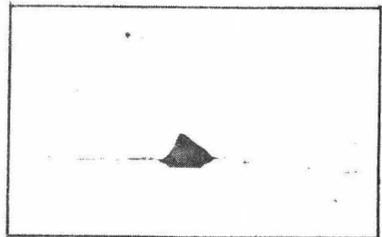
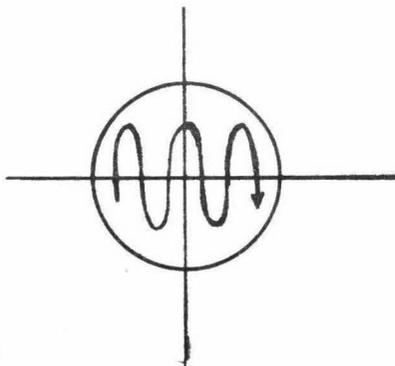
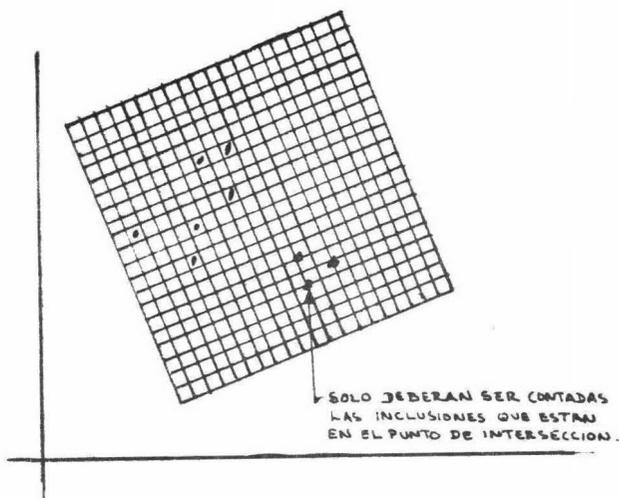


FOTO 23
MEZCLA DE OXIDOS
 $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ - y SULFUROS

3. Conteo de las inclusiones.

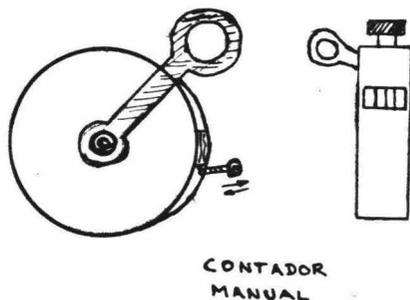
Tal y como lo indican las normas japonesas al respecto, J.I.S. G-0555, - el conteo deberá efectuarse sólo para aquellas inclusiones que crucen la red en las líneas de intersección, el número total de conteos deberá ser

hecho en 60 zonas diferentes, pero la prueba también puede hacerse por medio de las normas de la Kobe en 40 zonas diferentes y la malla deberá ser colocada a 22.5 grados respecto de la línea horizontal. (Fig. 23 A y 23 B).



El conteo de las inclusiones se hace por los contadores manuales; uno es para números de campos y el otro para el número de inclusiones que más frecuentemente aparecen. Los demás tipos de inclusiones deberán anotarse en una pieza de papel, por separado en el caso de que se llegue a en

contrar alguna inclusión diferente a la que se está contando. (Fig.24).



El principal objeto de esta prueba es encontrar el índice de limpieza en por ciento, el cual se determina como sigue:

Construir una tabla en donde se anote el por ciento en las líneas horizontales, y en las verticales el tipo de inclusión como se muestra en la tabla 16.

$$\text{El índice de limpieza} = \frac{(d = \text{suma de inclusiones} \times 100)}{p \times f}$$

en donde f = número de observaciones (=40) f incl = 30 incl
 p = número de cuadrados (400)

Según la tabla, la fórmula nos quedaría substituída de la siguiente manera:

$$d \% = \frac{30 \times 100}{400 \times 40} = 0.13 \%$$

T A B L A 16

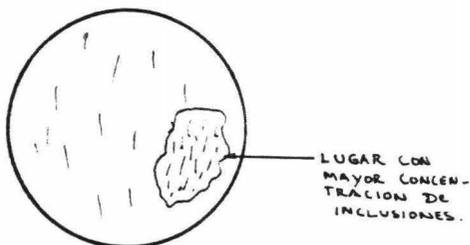
| | d_A | d_B | d_C | d_T |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| % | 0.13 | 0 | 0.13 | 0.26 |
| INCLUSIONES | 30 | 0 | 30 | 60 |

$$d_c = d_a + d_b + d_c = 0.13 + 0.13 = 0.26 \%$$

D. Método A.S.T.M.

El método A.S.T.M. independientemente de la clasificación por tipos A, B, C, y D, tiene dos series: la serie fina y la serie gruesa. Ambas ennumeradas en forma de lista del número uno al número 5, como se muestra en la tabla 17 de normas para inclusiones A.S.T.M.

Las normas son dibujos a escala hechos de tal manera que es muy fácil comparar la muestra observada y la norma. Para encontrar el tamaño de la inclusión, hay una escala colocada en uno de los oculares; la observación se hace a 100 aumentos, algunas veces es difícil identificar la inclusión de tal manera que la observación se hará a 400 aumentos, pero la medida - deberá hacerse a 100 aumentos. En la observación de cualquier probeta, - podemos tener una o más inclusiones y de la misma manera éstas podrán ser finas y gruesas o solamente uno de los tamaños. (Fig. 25).



La manera de efectuar la medida, es observar toda la probeta, encontrar el lugar que tenga la mayor concentración de inclusiones y en ese lugar - efectuar la comparación con el standard o norma.

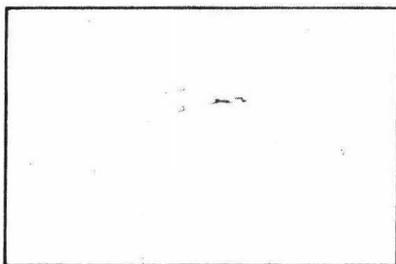
Si la cantidad de inclusiones se encuentra entre dos números, un valor intermedio puede ser aceptado; por ejemplo, si está entre 4 y 5, el valor -

correcto deberá ser 4.5.

La principal diferencia entre J.I.S. y A.S.T.M. es el conteo de las inclusiones, esto es, en J.I.S. se efectúa el conteo al mismo tiempo, pero en A.S.T.M. se efectúa cada inclusión por separado.

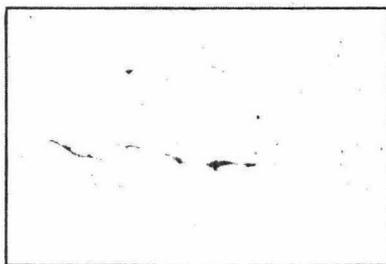
En la tabla número 18 se muestran algunos datos de pruebas efectuadas sobre probetas problema y en la tabla No. 19 se encuentra un reporte con dos microfotografías (Fotos 24 y 25) y los datos anotados.

FOTO 24



TIPO AZUFRE

FOTO 25



TIPO AZUFRE

E. Prueba de descarburización.

Este método se usa para medir la profundidad a que ha llegado la reducción del contenido de carbono debido a un proceso de trabajo o tratamiento térmico del acero.

Los principales materiales descarburantes son el oxígeno, el hidrógeno y el agua. La principal reacción se muestra a continuación:



En esta prueba siempre existen varias capas que deberán ser identificadas dependiendo del contenido de carbón y se clasifican de la siguiente manera:

T A B L A 18

J.I.S.

MUESTRA J →

| | | |
|----|---|----|
| A | B | C |
| 32 | 0 | 14 |

MUESTRA (J

| | | |
|----|---|---|
| A | B | C |
| 61 | 0 | 7 |

A.S.T.M.

| A | | B | | C | | D | | A | | B | | C | | D | |
|-----|---|-----|---|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|-----|-----|
| L | F | L | F | L | F | L | F | L | F | L | F | L | F | L | F |
| 1.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 3.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 |

INDICE DE LIMPIEZA

| | d _A | d _B | d _C | d _T |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| % | 0.18 | 0 | | |
| Conclusiones | 32 | 0 | 14 | 46 |

| d _A | d _B | d _C | d _T |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0.382 | 0 | | |
| 61 | 0 | 7 | 68 |

$$d_A \% = \frac{32}{400} \times 100 = 0.187$$

$$d_A \% = \frac{61}{400} \times 100 = 0.381$$

$$d_B \% = \frac{14}{400} \times 100 = 0.0875$$

$$d_B \% = \frac{7}{400} \times 100 = 0.0437$$

T A B L A 19

| Tipo Acero | Número Serie | Identificación para la prueba | INCLUSIONES JIS | | | | INCLUSIONES ASTM | | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------------------------|-----------------|-----|------|------|------------------|---|-----|---|---|---|-----|-----|
| | | | A | B | C | D | A | | B | | C | | D | |
| | | | | | | | L | P | L | P | L | P | L | P |
| A SCM 3 | N6664 | J 4 | 0.20 | 0.0 | 0.09 | 0.29 | 1.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 |
| | | | 0.38 | 0.0 | 0.04 | 0.42 | 3.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0.5 |
| B S 30 S | C4797 | i J | 0.10 | 0 | 0.01 | 0.11 | 4.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 |
| | | | 0.34 | 0 | 0.02 | 0.38 | 3.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0.5 |

SCM 3 Vista a 350 X

S 30 S Vista a 350 X

A) Determinación efectuada por el que ésto suscribe

B) Determinación efectuada por personal de la Kobe Seiko

NOTA : L= Ligero

P =Pesado

D_mT : A esta capa se le llama profundidad total de descarburización y es la profundidad a la que llega la descarburización a partir de la superficie y en donde empieza a encontrarse carbono natural.

D_mF : O profundidad de la ferrita, indica la profundidad a partir de la superficie del acero, en donde solamente se encuentra la ferrita - que ha quedado debido a la descarburización.

D_mS : O profundidad descarburizada de porcentaje de carbón específico residual,

DP : O profundidad práctica descarburizada; es la profundidad a partir de la superficie del acero, donde se obtiene una dureza práctica.

D = Profundidad (Depth)

M = Medida (Measure)

T = Total (Total)

F = Ferrita (Ferrite)

S = Específica (Specific)

P = Práctica (Practical)

1. Muestreo

Podemos usar como probeta cualesquiera de las muestras obtenidas en materiales trabajados en caliente o tratados térmicamente; después de montar seles en una resina, seguimos el proceso de pulido y un ataque con los reactivos que se mencionan a continuación:

Reactivos atacantes:

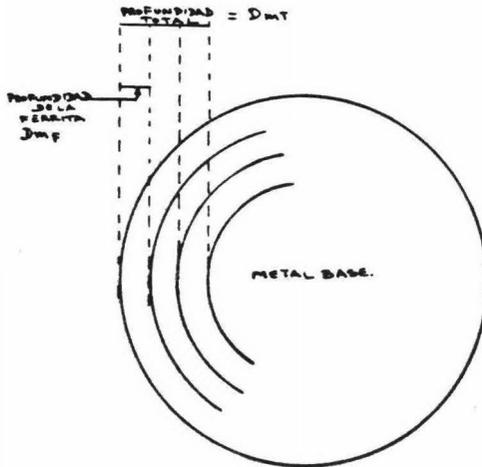
Para acero al bajo carbono HNO_3 - - 2 %

Para acero al alto carbono PICRAL - - 5 %

Para acero de alta velocidad HNO_3 - - 5 %

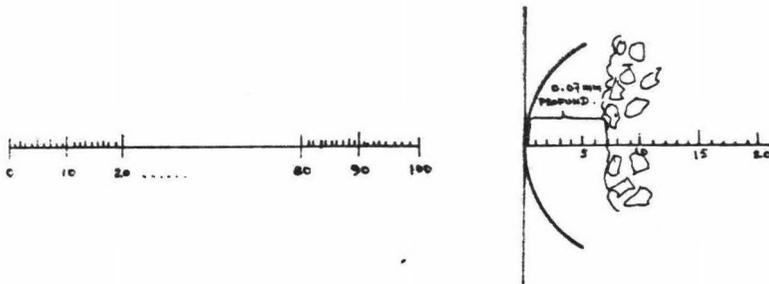
Otros (ver J.I.S.)

La medida de la descarburización se efectúa a 100 aumentos. Una vista general de la determinación se muestra en la Fig. 26.



En algunas veces podemos encontrar D_{mF} y D_{mT} . En otras ocasiones D_{mF} , D_{mS} y D_{mT} y en algunas ocasiones, solamente D_{mT} .

Cualquiera de las capas encontradas deberá ser reportada. En uno de los oculares se coloca una escala que está graduada de 0 a 100 y cada división tiene un valor de 0.1 mm. Por medio de la escala (Ver Fig.27).



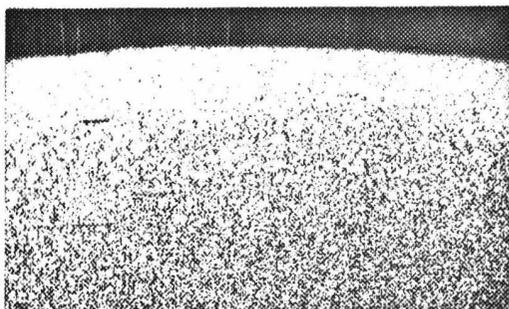
se efectúa la medición de las capas mencionadas anteriormente.

De vez en cuando, es recomendable efectuar un dibujo del material bajo observación y de las capas que aparecen en él, indicando la profundidad de la capa en cada una.

En caso de que la observación se dificulte a 100 aumentos, es recomendable cambiar el objetivo de tal manera que se tengan 400 aumentos para distinguir perfectamente el material, pero el reporte deberá efectuarse a 100 aumentos.

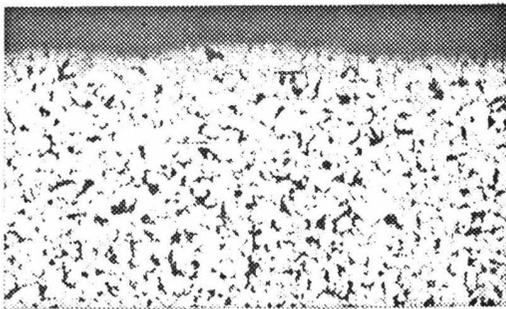
En las fotos 26, 27, 28 y 29 se pueden ver las pruebas efectuadas por el que suscribe, en donde se muestran algunos ejemplos de capas descarbura-- das en aceros de bajo, medio y alto carbono.

FOTO 26



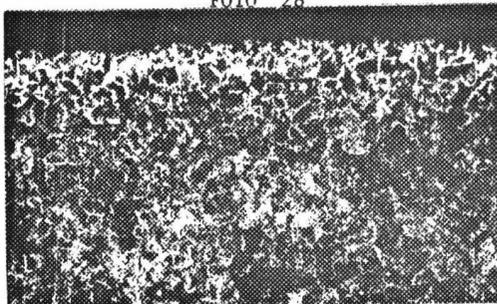
SCR 4 100x LAMINADO

FOTO 27



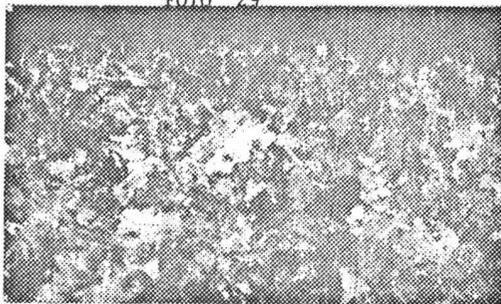
S 15C LAMINADO 100x

FOTO 28



70C LAMINADO 100x

FOTO 29



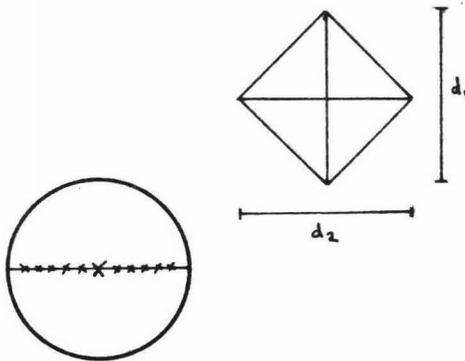
80C LAMINADO 100 x

Finalmente, añadiremos que la medida deberá efectuarse a la mayor profundidad posible a partir de la superficie.

F. Prueba de dureza Micro-Vickers.

Este es otro método que se lleva a cabo para efectuar observaciones en las capas descarbonadas, probando su dureza a lo largo de la profundidad de descarbonización.

La prueba que se lleva a cabo usualmente en la Kobe Seiko, es fundamentalmente para investigación práctica. El aparato para esta prueba es pequeño y consiste en hacer penetrar una punta de diamante por medio de varias cargas (P) que pueden variar de .3 a 50 Kg. lo cual depende del material que se va a probar. La punta de diamante tiene un ángulo de 136° entre sus aristas y las lecturas se pueden efectuar en los dos ejes que marca la huella del diamante, como se muestra en la Fig. 28.



La profundidad de la probeta no deberá ser menor de 1.5 veces el diámetro.

Para materiales tal como salen de la laminación, la carga P deberá estar entre 10 y 20 kgs.

Si el material es redondo, algunas veces la dureza se toma trazando una línea en la cara de la circunferencia y haciendo 5 pruebas a ambos lados del centro, es decir, un total de 10 durezas, más la del centro. Posteriormente se efectúa un promedio del diámetro de la impresión que ha sido medida con el microscopio como lo muestra el ejemplo siguiente:

$$D_1 = 340 \text{ mm} \quad d_x = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{678}{2} = 339 \text{ mm}$$
$$D_2 = 338 \text{ mm}$$

La dureza Vickers se encuentra por medio de la siguiente fórmula:

$$H_v = \frac{2P \operatorname{Sen} \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1.854 \frac{P}{d^2}$$

$$H_v = 161$$

Se puede utilizar la fórmula anterior, o bien, auxiliarse con una tabla que tiene relacionados \bar{d}_x y las durezas Vickers correspondientes.

Forma de efectuar la prueba.

Un brazo manual en un costado del aparato deberá girarse para lograr que el cono de diamante baje hasta la muestra metálica.

En el frente del aparato, podremos observar dos luces; la primera es verde y la que le sigue, roja. Cuando la luz verde se ha prendido, nos indica que el cono de diamante ha tocado a la muestra metálica; y cuando la roja se prende, nos indica que la penetración ha sido suficiente para regresar el brazo antes mencionado e iniciar la observación de la muestra penetrada por medio de un microscopio adaptado, con el cual se efectúa la medida de la impresión hecha por el cono de diamante, por medio de una escala móvil.

G. Prueba de microestructura.

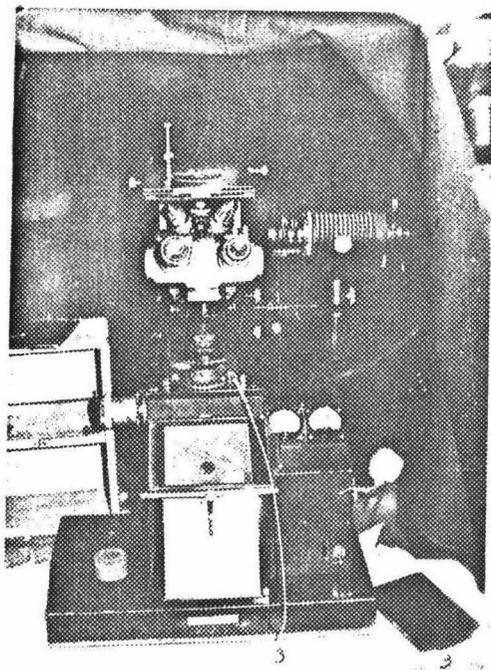
Esta prueba se llevó a cabo con el principal propósito de efectuar la - identificación de varias estructuras, dependiendo de su tratamiento térmico.

Se tomaron dos probetas del almacén de reserva; una fué el acero S45C y la otra el acero SCR40. Cada una de las probetas tenía dimensiones de - 30 por 250 mm y fueron hechas por medio de forja. Posteriormente se redujeron en diámetro, a 25 mm. con el objeto de eliminar cualquier defecto de superficie y se cortaron 3 pequeñas muestras de 50 mm de longitud.

Su tratamiento térmico se muestra en la Tabla No. 20 y en la No. 21.

Las fotos 30 y 31 muestran el microscopio para tomar las fotografías por medio de placas y por medio de rollos.

FOTO 30



T A B L A 20

S 45 C

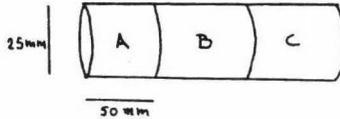
A > 188 (SJ)

Forja a 30 mm ϕ x 250 mm

Reducción del diámetro por
torneado a 25 mm



corte



PROBETA A ó SJA

Aplicar norma JIS 4051
Calentamiento a norma-
lizar, 1 hr. en horno # 6

(820 ~ 870) °C
(temperatura práctica -
utilizada 845°C)

↓
Templado en tina de agua
con movimiento de 15 ve-
ces (norma)

↓
Calentar 2 hr. en horno
B a 600° C

↓
Templar en agua

↓
Corte

↓
Pulido

↓
Ver estructura al micros-
copio a 400 X

↓
Tomar fotografía

PROBETA B ó SJB

Recocido
810°C por 1 hr. en
horno # 6

↓
Enfriamiento en horno

↓
corte

↓
Pulido

↓
Microestructura a 400X

↓
Toma de fotografía

PROBETA C ó SJC

Normalizado
820 ~ 870°C (Tem-
peratura práctica
utilizada en horno
6 845° C

↓
Enfriamiento al aire

↓
corte

↓
Pulido

↓
Microestructura a 400 X

↓
Toma de fotografía



QUINDIO

T A B L A 21

SCR - 4

SCR 40

S 2405 (C $\bar{7}$)

Forja 30 mm ϕ x 250 mm

Maquinado 25 mm ϕ x 250 mm



PROBETA A (C $\bar{7}$ A)

PROBETA B (C $\bar{7}$ B)

PROBETA C (C $\bar{7}$ C)

Recocido, 1 hr. en horno
3
(830 ~ 880)^o C

Normalizado
1 hr. en horno # 3
(830 ~ 880)^o C

Normalizado
1 hr. en horno # 3
(830 ~ 880)^o C

Temperatura media: 855^oC

Temperatura media 855^oC

Temperatura media:855^oC

Templado en tina de aceite
con movimiento de 15 veces

Enfriamiento en el horno

Enfriamiento en aire

Calentar 2 hr. en horno B
(550 650)^oC

Corte

Corte

600^o C

Pulido

Pulido

Templado en aceite

Microestructura a 400X

Microestructura a 400X

Corte

Fotografía

Fotografía

Pulido

Observación microscópica
a 400X

Fotografía

Las fotos 32 a 41 muestran los resultados de diferentes pruebas realizadas en el laboratorio microscópico.

FOTO 31

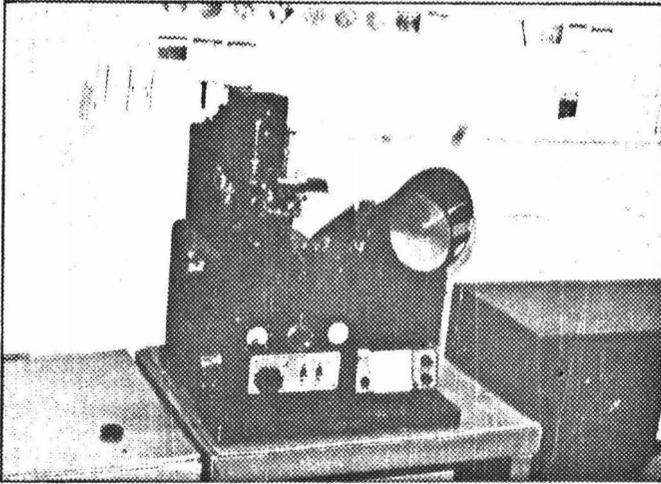
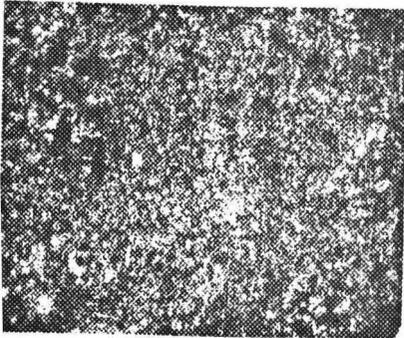
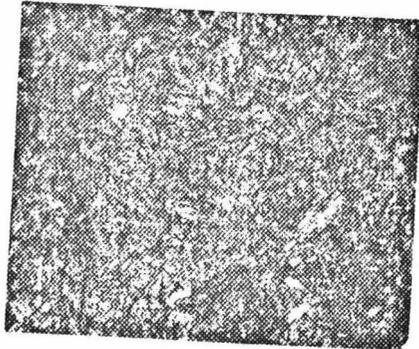


FOTO 32



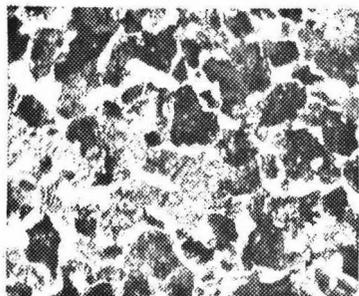
45C SJA 845°C/1h
EMPLADO EN AGUA
LLEVAR A 600°C
ENFRIAMIENTO EN AGUA

FOTO 33



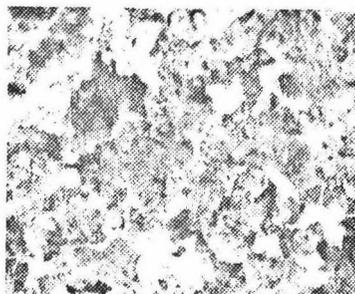
SCR 40 C A 855°C/1h
TEMPLADO EN ACEITE
LLEVAR A 600°C
ENFRIAMIENTO EN AGUA O ACEITE

FOTO 34



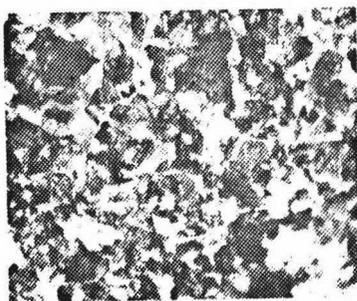
S45 C SJB 810°C/1h
A RECOCIDO

FOTO 35



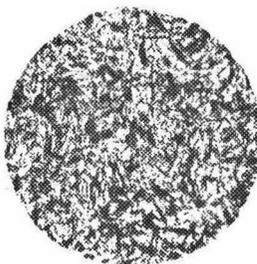
SCR 40 C B 855°C/1h
A RECOCIDO

FOTO 36



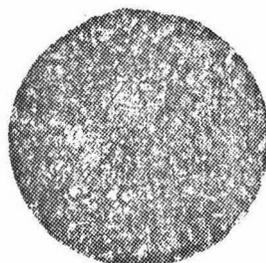
SCR 40 C C 855°C/h
NORMALIZADO (350 x)

FOTO 37



400x ACERO DE MEDIO
CARBONO
(MARTENSITA)

FOTO 38



400x ACERO AL BAJA CARBO-
NO (SORBITA)

FOTO 39



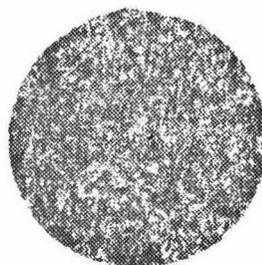
400 x
TROSTITA Y MARTENSITA

FOTO 40



600x
CEMENTITA GLOBULAR=SORBITA

FOTO 41



400x
(SORBITA)

CAPITULO VI

PRUEBA DE PROPIEDADES MECANICAS

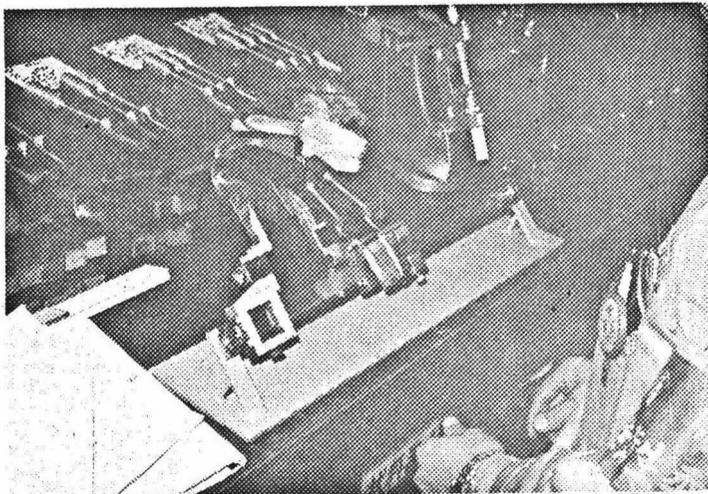
En este departamento se efectúan tres pruebas principales que son: la de tensión, la de impacto y la de doblez (bending).

Hay además algunas otras propiedades mecánicas, pudiéndose también aplicar diferentes normas para lo cual se prueba una gran variedad de probetas con los mismos aparatos.

Antes de entrar en detalle, es importante hacer mención que existen pequeños instrumentos auxiliares que se mencionan a continuación:

| | | |
|----------------------|--------------|--------------------|
| Vernier | Aproximación | 0.05mm (1/20 pulg) |
| Micrómetro | " | 0.01mm |
| Diálmetro | " | 0.01mm |
| Gaugímetro | " | 0.01mm |
| Compás | " | 0.05mm |

Todos los días por la mañana, las muestras deberán recibirse y clasificarse de acuerdo con la norma de la cual fueron maquinadas. Esto se hace por medio de los aparatos mencionados anteriormente y leyendo la norma de que se trate como se muestra en la foto No. 42.



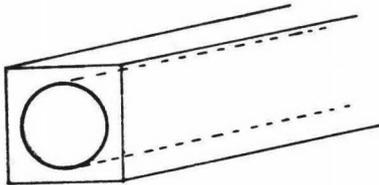
Las normas más usadas en cada caso, dependen del comprador del acero, - quien las exige al fabricante; en este caso particular, las normas más usadas en la Kobe Siko LTD. son:

- a) American Bureau of Shipping (U.S.A.)
- b) Lloyd Register of Shipping (Inglaterra)
- c) Nihon Kaiji Kajokai (Japón)
- d) Japanese Industrial Standards (Japón)
- e) Norske Veritas (Noruega)
- f) Kobe Steel Standards (Japón)

1. Muestreo.

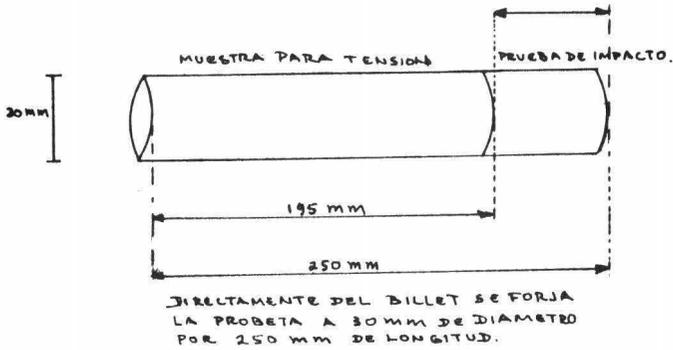
Existen varios métodos de muestreo, los cuales dependen también de la -- muestra a aplicar. En palabras generales, haremos mención de las J.I.S. (Japanese Industrial Standards):

- a) Directamente del producto hacer las muestras por maquinado (as roll)
Fig. 29



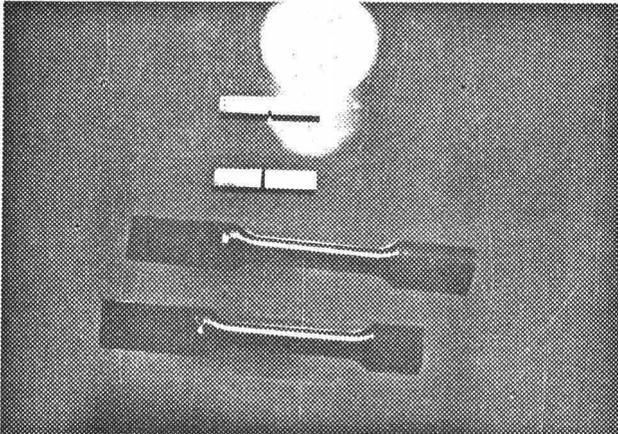
DIRECTAMENTE DEL PRODUCTO
HACER LA MUESTRA POR
MAQUINADO.

- b) Directamente del billet se forja la probeta a treinta milímetros de diámetro por 250 milímetros de longitud. Ver Fig. 30.

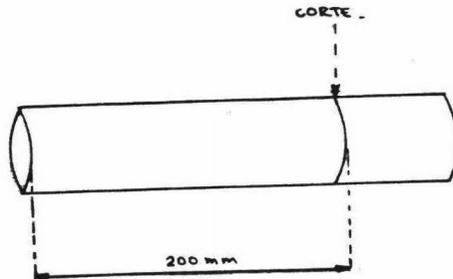


Después de revenido o normalizado, (tempered) se debe maquinar como la - figura anterior y posteriormente, obtener la probeta como se muestra en la foto No. 43.

FOTO 43



c) Como producto de laminado (as roll), posteriormente de un recocido - o normalizado de planta, deberá tomarse una probeta a 200 milímetros de longitud (Fig. 31).



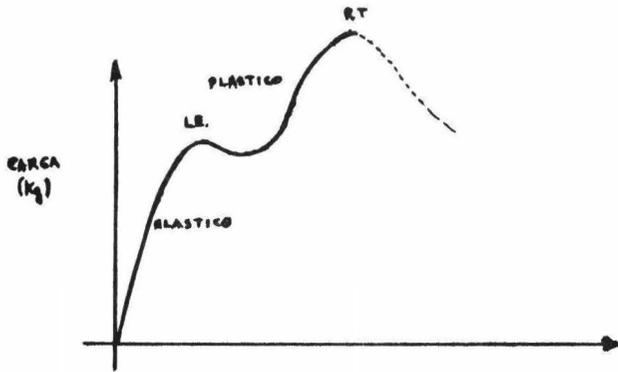
DEL PRODUCTO LAMINADO Y POSTERIOR
A UN REBOLDO O NORMALIZADO DE
PLANTA DEBERA TOMARSE UNA PRU-
BETA DE 200 MM DE LONGITUD.

La norma japonesa que rige los métodos anteriores es la J.I.S. Z2241 y Z2201 para la prueba de tensión y la J.I.S. Z2202 para la prueba de im pacto. Finalmente la J.I.S.2204 para la prueba de doblez.

En todos los casos mencionados, tanto J.I.S. como A.S.T.M. recomiendan sacar dos probetas para efectuar cada una de las pruebas. La cantidad de pruebas por día es de 40 aproximadamente e incluye tubo, barras, - alambón y alambre, etc. etc.

La prueba de tensión se utiliza para determinar las propiedades elásti cas y plásticas de los metales; cuando éstos se sujetan a un deforma-
ción, además se determina la resistencia a la tensión y el límite elás tico o límite de cedencia (LE o en inglés YP; la resistencia a la ten-
sión RT o en inglés TS); generalmente en la misma probeta se determina el por ciento de deformación, el por ciento de elongación y el por ciento de reducción de área.

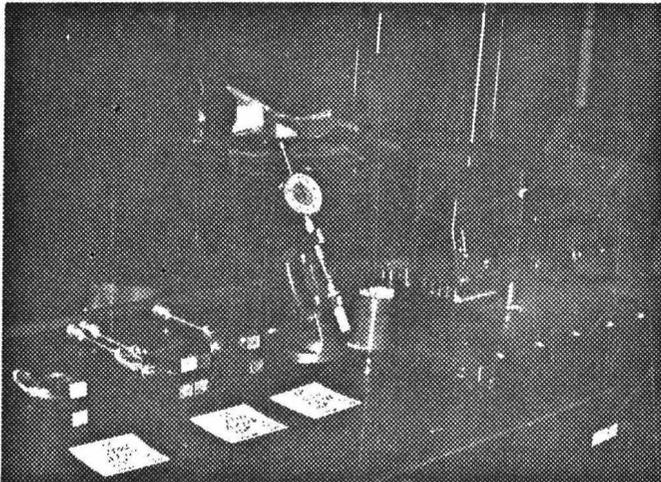
La máquina para este propósito tiene en uno de sus costados un papel - que grafica cada uno de los puntos de tensión y de cedencia. Esta grá fica tiene en el eje de las Y, graficada la carga en kilogramos y en - el eje de las X la elongación en milímetros (Fig. 32).



LE = LIMITE ELASTICO O DE CESENCIA.
RT = RESISTENCIA A LA TENSION.

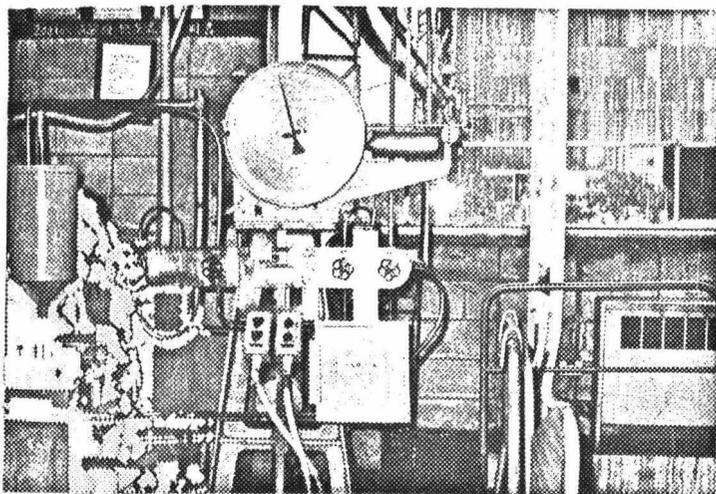
Diámetro, clasificación de la muestra y Vernier (Foto 44).

FOTO 44



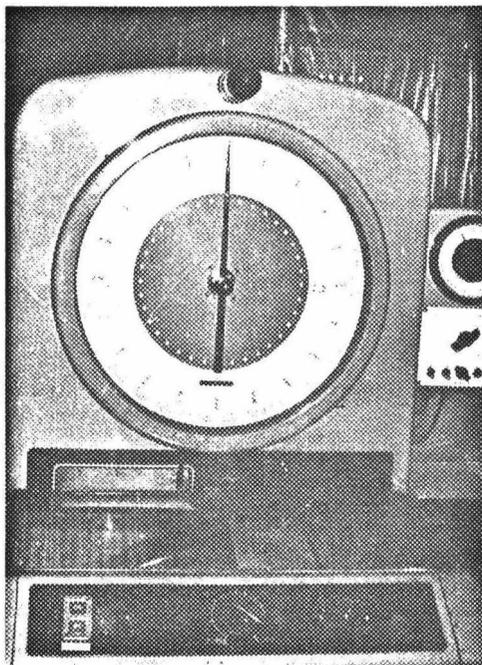
Máquina de tensión para probetas grandes. Carga bajo control, 200 toneladas (Foto 45).

FOTO 45



Máquina de tensión para probetas pequeñas y medias. Carga bajo control, - 50 toneladas (Foto. 46)

FOTO 46



(Para efectuar la prueba de tensión, el departamento cuenta con 2 máquinas de 200 tons. 3 de 50 tons. y 2 de 30 tons.).

Máquina para la prueba de aplastamiento. Esta máquina trabaja al igual que las demás, a base de presión de aceite (Foto 47) (Fig.- 33 y 34).

FOTO 47

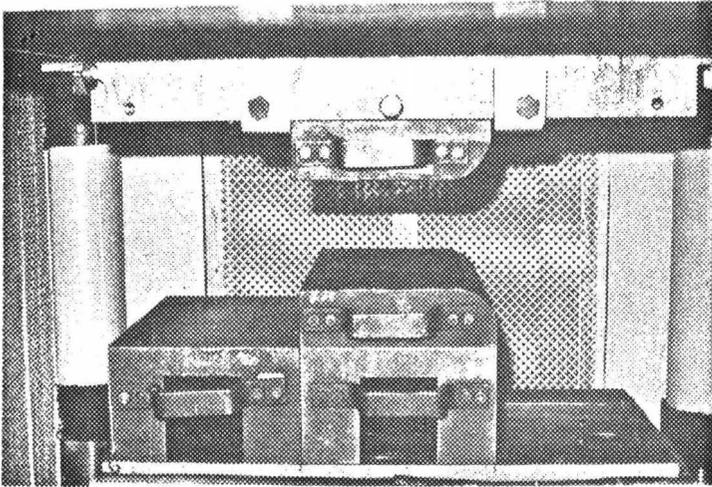


FIG 33

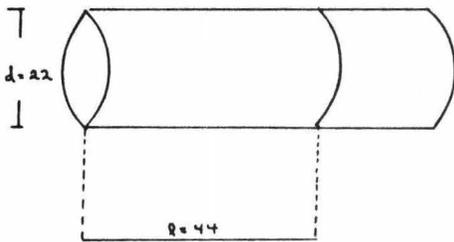
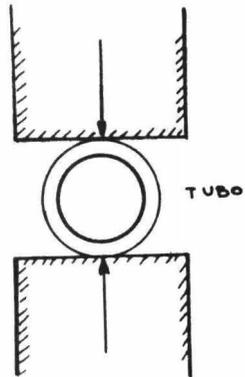
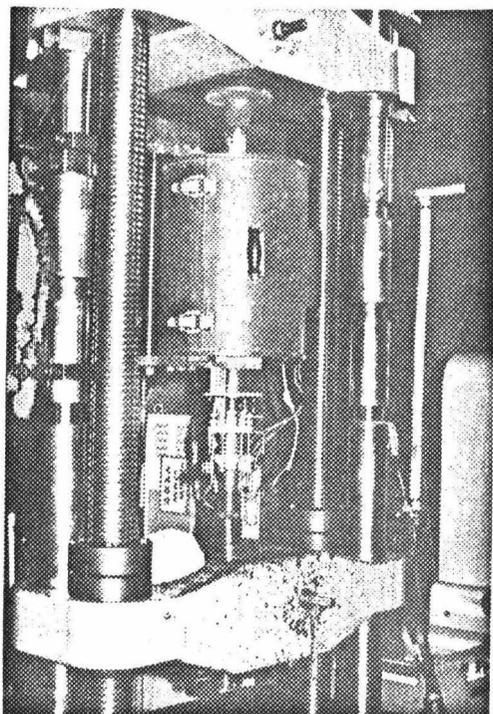


FIG 34



Máquina para prueba de tensión para tubo de caldera. En el centro de ésta y entre las dos mordazas, hay un horno eléctrico que calienta por resistencia al tubo y produce condiciones de altas temperaturas como las que soportan los calentadores. La norma indica calentar la muestra a 500° C durante 20 minutos antes de efectuar la prueba. (Foto 48).

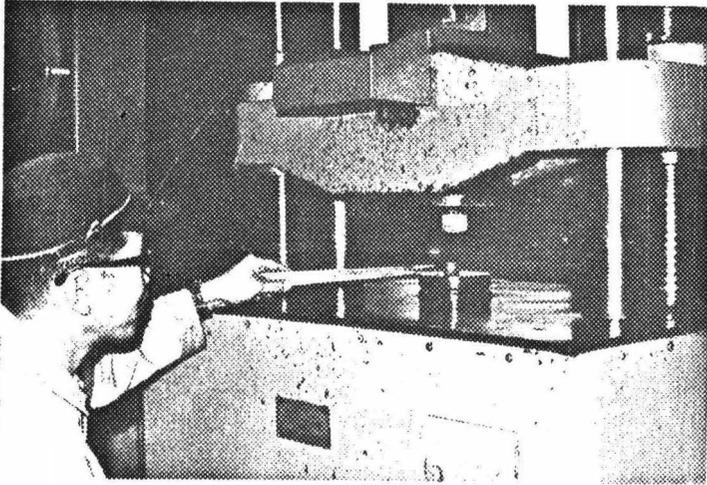
FOTO 48



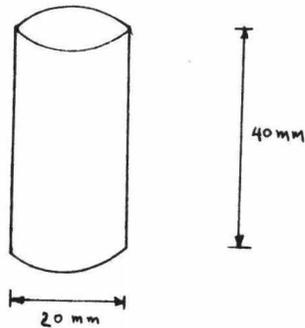
Prueba de aplastamiento (flatening test). Esta se hace para medir la resistencia del acero a las fuerzas de compresión aplicadas por medio de la base de la máquina de tensión, de tal manera que esta base baje a una altura mínima controlada por medio de un compás y la vista, es decir, cuando la compresión ha llegado a esa altura marcada, la persona indicará al operador de la máquina que suspenda la compresión. Posteriormente, se to

ma la probeta y se examina; ésta no deberá tener ninguna grieta en toda su superficie (Foto 49).

FOTO 49



Las dimensiones de la probeta (Fig. 35) son las siguientes:



DIMENSIONES DE LA PROBETA

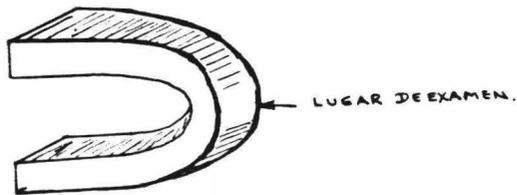
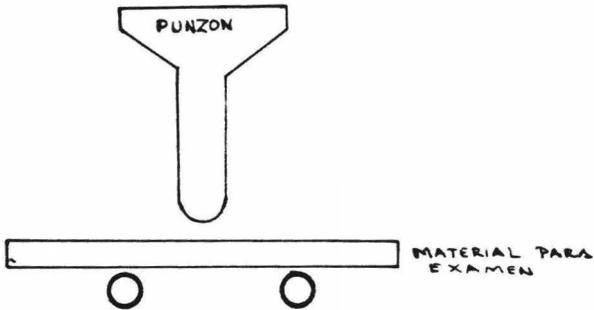
La altura a la que se comprime está dada por una norma y es de cerca de 13 mm. La velocidad de compresión se controla por un sistema de cargas en el cual se tiene una escala del 1 al 10 y cada valor tiene una velocidad diferente la cual se da a continuación:

| CARGA | VELOCIDAD |
|---------|-------------|
| abierta | 135 mm/seg. |
| 10 | 21 mm/seg. |
| 9 | 5 mm/seg. |
| 8 | 1 mm/seg. |

2. Máquina de dobléz.

Esta máquina se usa para ver la resistencia del acero al dobléz. Las muestras tienen o pueden tener diferentes tamaños y formas, que dependen de la clase de acero y de el producto que se va a probar, por medio de una compresión en el centro de la probeta la cual está sujeta en su parte inferior por dos soportes colocados en sus extremos (Fig.36). El compresor (punch), debe ser controlado tal como se indica en la norma - J.I.S. G3201.

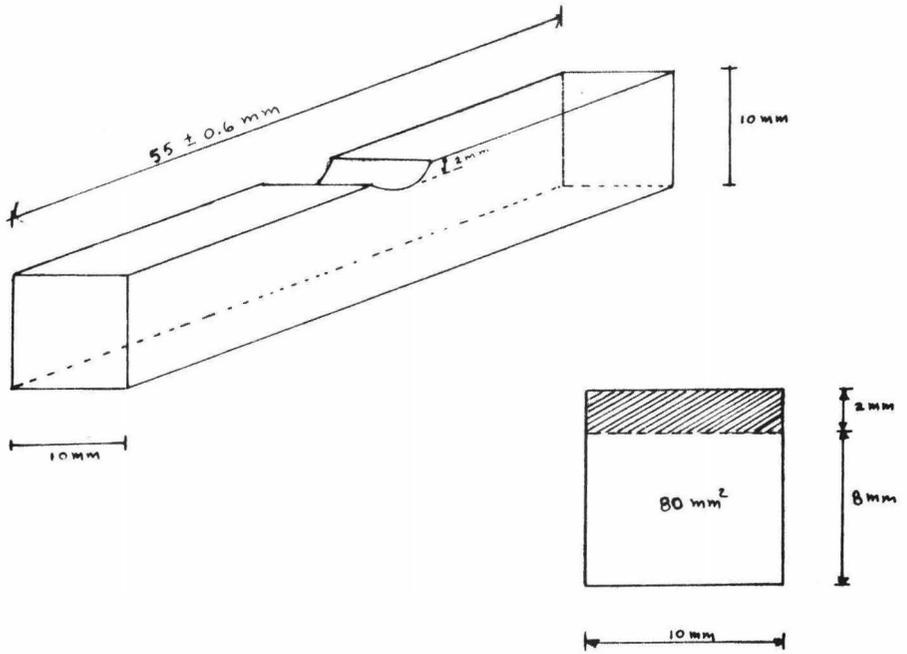
Todos los aceros para forja deberán resistir 180° de dobléz como se muestra en la (Fig.36). La conclusión de la prueba se saca examinando la superficie de la muestra, que no deberá presentar ninguna grieta.



DESPUES DE EFECTUADA LA PRUEBA, LA MUESTRA SE EXAMINA Y NO DEBE PRESENTAR FRACTURA ALGUNA.

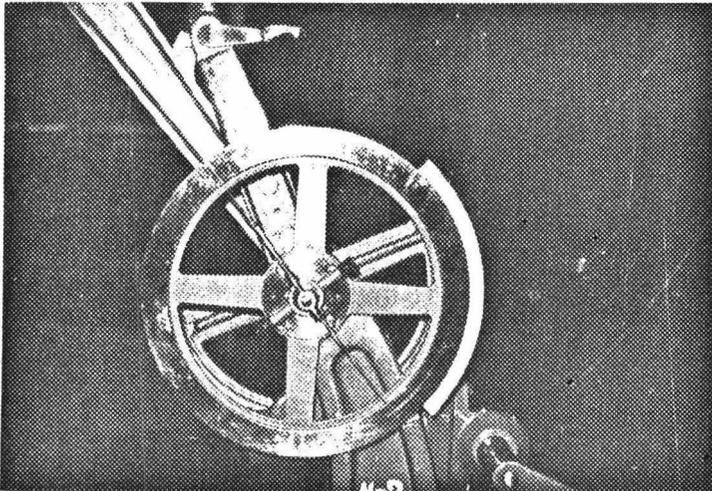
3. Prueba de impacto.

Esta prueba se efectúa con el objeto de comprobar la ductilidad de los aceros; la probeta se selecciona como resultado de una requisición del usuario y la norma o standard a emplear deberá ser cualquiera de las mencionadas al principio de este capítulo. En el caso que nos ocupa, se seleccionó una probeta a la cual se le hizo una entalladura de la forma U, como se muestra en la (Fig. 37).



La probeta deberá colocarse en el fondo de la máquina, el martillete - deberá subirse a la posición superior marcada por una aguja, como lo muestra la (Foto 50).

FOTO 50



Esto se hace por medio de una manivela. Cuando el martillo está en la parte superior, la aguja se encontrará en la posición de 140.9° . El siguiente paso es jalar una pequeña palanca, como la que se muestra en la parte superior de la foto, lo cual hará que el martillo se mueva y caiga sobre la probeta en el lado opuesto a su entalladura y se encontrará un nuevo valor en grados, dado por la aguja con lo cual se procederá a efectuar los cálculos por medio de la siguiente fórmula.

$$E = P \times H$$

E = Energía

P = Carga

H = Distancia

La anterior fórmula se expresa de una manera más completa como sigue:

$$E = W \times R (\cos.B - \cos.\alpha)$$

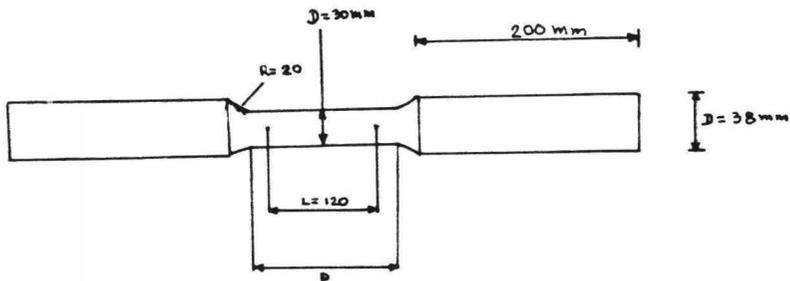
W = paso del martillo

R = distancia desde la parte superior del martillo hasta el centro de gravedad M

α = Angulo de sostenimiento del martillo

B = Angulo de balance del martillo después de la prueba.

En el caso que nos ocupa, utilizamos la tabla que viene en el libro de standards de la J.I.S. con los valores calculados, la cual se muestra en la tabla 22, indicando los resultados de las probetas probadas. La probeta para la prueba de tensión tiene las medidas indicadas en la Fig.38.



T A B L A 22

| MUESTRA | (α) ANGULO DEL MARTILLO | (β) ANGULO DE BALANCE | ENERGIA Kg - m | (γ) VALOR Kg / cm ² |
|--------------|--|-------------------------------------|-------------------|---|
| 1 > (SCM3) | 140.9 | 88 | 13.67 | 17.1 |
| NT (S45C) | 140.9 | 102 | 9.58 | |

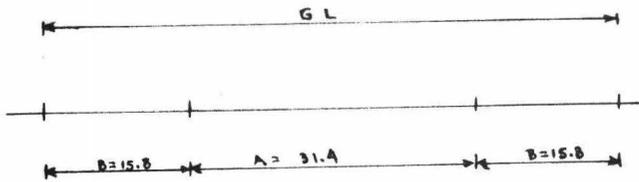
$$\text{VALOR } \gamma = \frac{\text{Energía}}{s}$$

ENERGIA = De-tablas

α = Angulo del cual se deja caer el martillo

β = Angulo de balance del martillo, el cual es leído en el aparato después de efectuar la prueba, y con el cual se busca en tablas el valor de la energía.

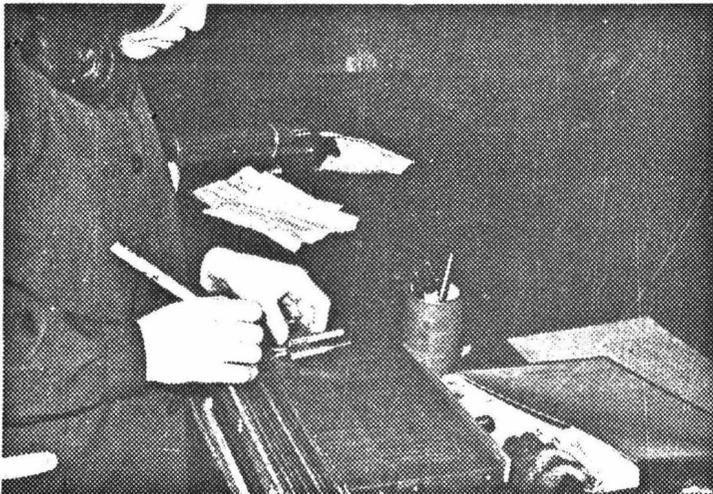
La probeta con la cual efectúe la prueba, tiene las medidas que se dan en la Fig. 39 y en la tabla 23, junto con los resultados obtenidos.



4. Cálculos.

Los cálculos se hacen a mano como se indica en la Foto 51, o bien después de tomar las lecturas.

FOTO 51



T A B L A 23

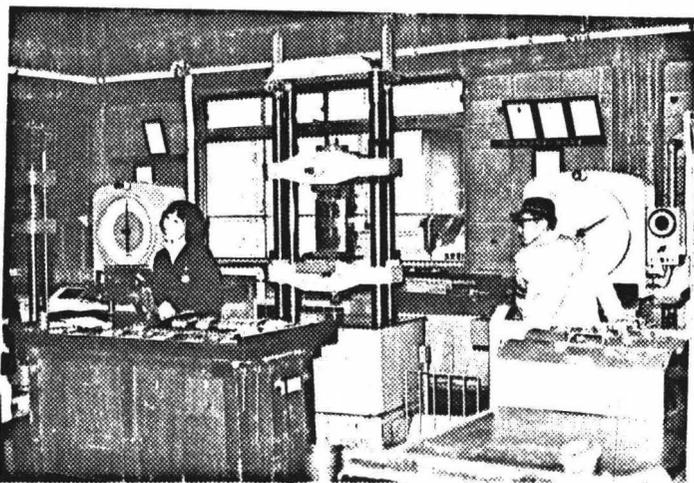
PRUEBA EFECTUADA EN PROBETA PARA CONCRETO
REFORZADO

| ANTES DE LA PRUEBA | DESPUES DE LA PRUEBA |
|--|--|
| <p>Diámetro = 14.0 ± 0.2 mm = 13.98 ~ 14.02 = NT 14 mm Area = 154 mm² Largo = 50 mm (Gauge length)</p> | <p>Diámetro = 8.89 mm Largo = 62.1 mm LE = 9,750.0 Kg RT = 12,900.0 Kg</p> |
| <p>17 D = 13.99 = 14 mm A = 154 mm² Largo = 50 mm</p> | <p>D = 8.68 mm A = 59.2 mm² Largo = 61.5 mm LE (Kg) = 14,000.0 Kg RT (Kg) = 15,400.0 Kg</p> |

Como se muestra en la foto, se pueden consultar tablas; en ellas se encuentran todos los datos tabulados. La manera de efectuar las lecturas es auxiliándose de los aparatos de medición mencionados en un principio. (Fotos - 42 y 44).

Una persona deberá de hacer lecturas en la máquina, otra hacer lecturas en la probeta, y ambas, después de consultar sus tablas o efectuar los cálculos que se mencionan en las tablas 24, 25 y 26 gritarán estos resultados a otra persona que los anota en un pizarrón (Foto 52)

FOTO 52



Todo esto es con el objeto de efectuar las pruebas mencionadas inicialmente en un sólo turno de 8 horas. La tabla 18 nos muestra un ejemplo de una determinación.

T A B L A 24

C A L C U L O S

MUESTRA N T

| | | | | | |
|----------------------|---|--|-------|------|---------------------------------|
| LE | = | $\frac{9,750 \text{ Kg}}{154 \text{ mm}^2}$ | = | 63.3 | $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ |
| RT | = | $\frac{12,900 \text{ Kg}}{154 \text{ mm}^2}$ | = | 83.7 | $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ |
| ALARGAMIENTO % | = | $\frac{62.1 - 50}{50}$ | x 100 | = | 24.2 % |
| REDUCCION DEL AREA % | = | $\frac{154 - 62.1}{154}$ | x 100 | = | 59.7 % |

MUESTRA 17

| | | | | | |
|----------------------|---|---|-------|-------|---------------------------------|
| LE | = | $\frac{14,000 \text{ Kg.}}{154 \text{ mm}^2}$ | = | 91.0 | $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ |
| RT | = | $\frac{15,400 \text{ Kg}}{154 \text{ mm}^2}$ | = | 100.0 | $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ |
| ALARGAMIENTO % | = | $\frac{61.5 - 50}{50}$ | x 100 | = | 23.0 % |
| REDUCCION DEL AREA % | = | $\frac{154 - 59.2}{154}$ | x 100 | = | 61.6 % |

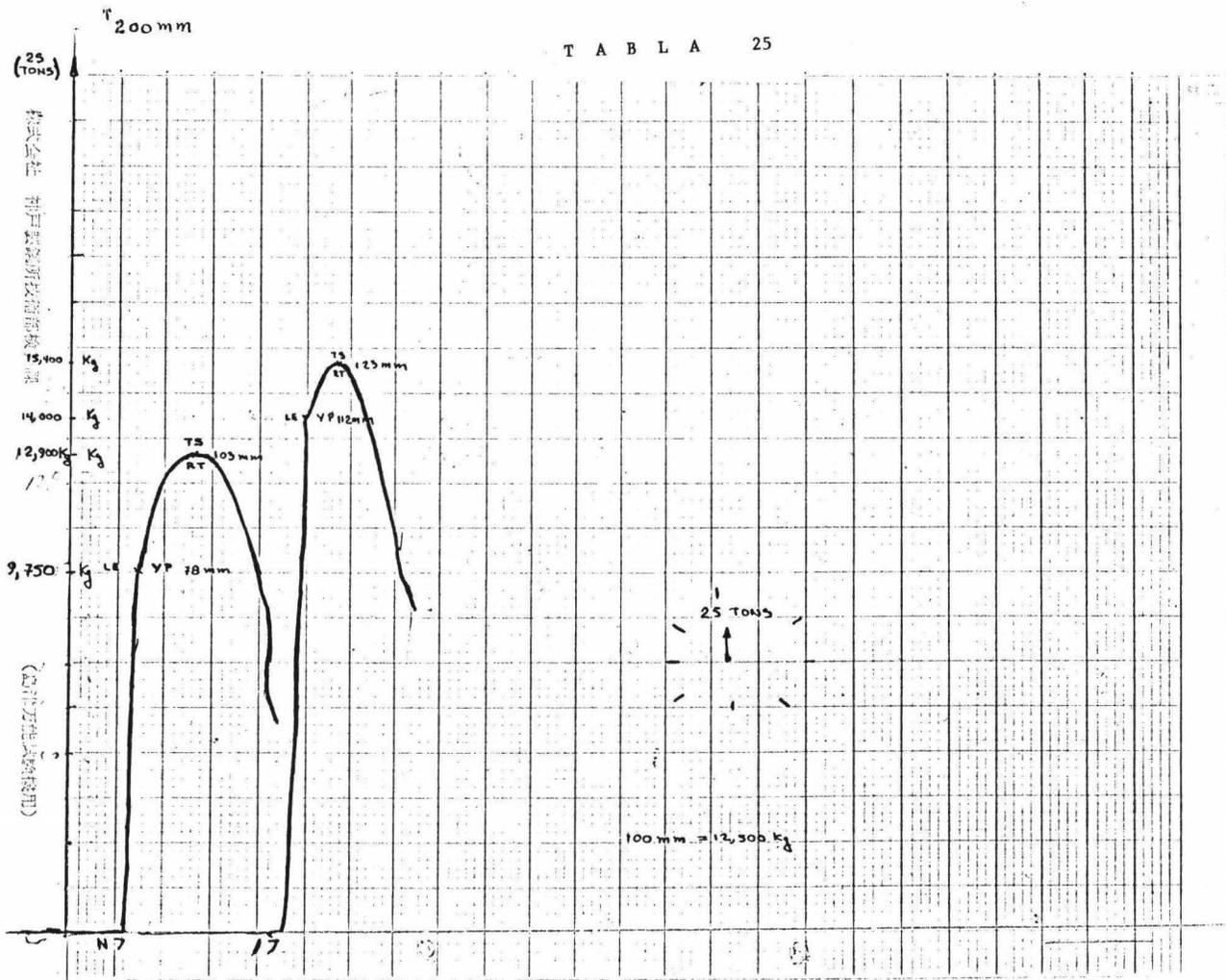
NOTAS:

Los resultados se anexan juntos en un reporte posterior.

LE = Límite elástico

RT = Resistencia a la tensión

T A B L A 25



COMPANIA KOBE SEIKO L.T.D.

DEPTO DE PRUEBAS FISICAS

PERSONA(S) QUE REALIZARON LAS PRUEBAS:
MAURICIO A. DELACORTA E.

| ROLLO N° MUESTRA N° | ESPECIFICACION Y GRADO | COLADA N° | TAMANO DEL LAMINADO | USUARIO | N° DE PIEZA O IDENTIF. | PAUCA. P. TUBOS. | | | PRUEBA DE TENSION. | | | | | | | PRUEB. DE PLAST. | |
|------------------------|------------------------|-----------|---------------------|---------|------------------------|------------------|--------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------|---|------------------|------|-----|------------------|--------------|
| | | | | | | ORIF. mm | (t) mm | AREA mm ² | Kg (CARGA) LIMITE ELASTICO | Kg/m ² LIMITE ELASTICO | Kg CARGA | Kg/m ² RESIST. A LA TRACCION | % ELONG. CALIBRO | % A | % R | IV | JUEG. ZA. HB |
| | | | | | | | | ESPERADO | ≥ 50 | | ≥ 70 | ≥ 17 | A | ≥ 45 | ≥ 8 | 201 | |
| | S 45 C | C 53 B2 | | | NT | 14,00 | 134 | 9,730 | 63.3 | 12,900 | 83.7 | 24.2 | A | 59.7 | ≥ 8 | 246 | |
| | | | | | | | | ESPERADO | ≥ 80 | | ≥ 95 | ≥ 15 | A | ≥ 50 | ≥ 8 | 249 | |
| | S L M 3 | S 2 6 6 9 | | | 17 | 13,99 | 154 | 13,850 | 90.1 | 15,400 | 100.0 | 23.0 | A | 61.6 | | 304 | |

C O N C L U S I O N E S

Es evidente que de todo el presente trabajo podemos extraer una idea primordial; ésta es, la urgente necesidad de apegarnos a las normas internacionales, o bien, aprovechar la experiencia de países más avanzados en normalización, estudiar la realidad nacional, y combinando ambos factores, crear nuestras propias normas de calidad, pero no de una manera superficial como se viene aplicando desde hace mucho tiempo en México, sino de una manera consciente, tal y como se puede observar, se realiza en Japón, en donde cada obrero, cada investigador, cada persona encargada de un proceso tiene consciencia de que lo que está haciendo es para satisfacer las necesidades de su país y por con siguiente, debe de estar bien hecho.

Esta tesis no pretende ser un tratado completo de todos los factores que intervienen en el control de calidad de los aceros, sino más bien, una pequeña aportación de ideas, encaminadas a la formación de técnicos en algunos aspectos básicos de calidad, mismas que tienen que ser desarrolladas más profundamente estudiando las normas que he menciona do y algunas que pueda proporcionar la Dirección General de Normas.

Es interesante hacer mención que este trabajo lo desarrollé con muestras problemas, de las cuales no conocía su procedencia; sin embargo, apegándome a las Normas J.I.S. y comparando resultados tabulados para muestras conocidas, fué fácil su identificación, lo que comprueba la rigidez de las normas de fabricación, pues los resultados de las prue bas quedaron dentro de lo especificado, tal y como se puede ver en -- las tablas 2, 3, 4 y 5.

Es aconsejable para el que quisiera ampliar sus conocimientos al res pecto, adquirir el manual de J.I.S. que en su edición en inglés está retrasada dos años con respecto a la japonesa, pero nos da una muy buena idea de como efectuar las pruebas mencionadas de una manera más clara y concisa de lo que lo hace A.S.T.M.

Mencionaré finalmente que no ha sido mi propósito repetir al pie de la letra las normas J.I.S., S.A.E. y A.S.T.M., sino hacer hincapié -

en la manera de aplicarlas, por lo que tal vez a algunas personas pueda parecerles pobre en teoría y abundante en práctica; en mi concepto, esto es lo más importante, ya que al hacer referencia al número de norma, automáticamente sugiero que se profundice en el estudio de la misma, -- con el objeto de poder aplicarla de una manera más efectiva, además de desarrollar sus propias técnicas de pruebas.

Espero que todos los conocimientos, que aunque en forma somera trato de exponer, sean de utilidad a las personas interesadas en esta rama de la Metalurgia.

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

1. NORMA J.I.S. G0561 (1965) Jominy
2. NORMA J.I.S. G4104 Temperaturas de normalización
3. NORMA J.I.S. G4105 Temple
4. NORMA J.I.S. G4051 Temple
5. NORMA J.I.S. G0303 Muestreo para piezas sometidas a tratamiento térmico
6. NORMA J.I.S. 0551 Determinación de grano austenítico
7. NORMA J.I.S. G0555 Determinación de inclusiones
8. NORMA J.I.S. Z2241 Para prueba de tensión
9. NORMA J.I.S. Z2201 Para prueba de impacto
10. NORMA J.I.S. Z2202 Para prueba de impacto
11. NORMA J.I.S. Z2204 Para prueba de doblez
12. NORMA J.I.S. G3201 Para prueba de doblez
13. American Bureau of Shipping (U.S.A.)
14. Lloyd Register of Shipping (Inglaterra)
15. Nihon Kaiji Kajokai (Japón)
16. Norske Veritas (Noruega)
17. Kobe Steel Standards (Japón)
18. TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS ACEROS
Aprais Barreiro, José
Edit. Dossat
Madrid, 1964
19. THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MATERIALS Volume II
Brophy H., Jere
Rose M., Robert
Wulff, John
Edit. John Wiley & Sons, Inc.
New York, 1964
20. TECHNICAL METALLURGY
Cliffe, D.R.
Edit. Edward Arnold Publishers
Londres, 1968
21. INTRODUCTION TO PHYSICAL METALLURGY
Avner H., Sidney
Edit. McGraw-Hill Book Company
Tokyo, 1964