

29/11/11



**Universidad Nacional Autónoma
de México**

FACULTAD DE INGENIERIA

**MANUFACTURA DE ACEROS
DE DOBLE FASE**

T E S I S

**Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico Electricista**

p r e s e n t a

RAFAEL ZAMORA LINARES



México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**"FABRICACION DE ACEROS DE DOBLE FASE A PARTIR DE
ACEROS COMERCIALES DE BAJO CARBONO"**

INDICE TEMATICO

- I. Introducción**
 - I. 1. Definición**
 - I. 2. Panorama histórico**
 - I. 3. Objetivos del presente trabajo**

- II. Desarrollo de los aceros de doble fase**
 - II. 1. Características y propiedades**
 - II. 2. Composición de los aceros de doble fase**
 - II. 3. Distribución de los esfuerzos en los aceros de doble fase**
 - II. 4. Estructuras presentes en un acero de doble fase**
 - II. 5. Efectos de los aleantes en un acero de doble fase**
 - II. 6. Otros aceros de alta resistencia**

- III. Métodos de obtención**
 - III.1. Obtención por laminado en frío y tratamiento térmico**
 - III.1.1. Método de recocido continuo**
 - III.1.2. Método de recocido por lotes**
 - III.2. Obtención por laminado en tibio el acero y luego darle tratamiento térmico**
 - III.3. Otros métodos de obtención**

- IV. Perspectivas y limitaciones**
 - IV.1. Uso potencial**
 - IV.2. Desarrollo industrial**
 - IV.3. Desarrollo futuro**
 - IV.4. Limitaciones**

V. Parte práctica

V.1. Laminación

V.2. Tratamiento térmico

V.3. Prueba de dureza

V.4. Prueba de microdureza

V.5. Prueba de embutido

V.6. Metalografía

V.7. Ensayo de tracción

VI. Datos y análisis de datos

VII. Observaciones y conclusiones

VIII. Bibliografía

IX. Apéndice A. Construcción de equipo para realización del ensayo de embutido.

I. INTRODUCCION

I.1. DEFINICION

Los aceros de doble fase se clasifican dentro del grupo de los aceros de alta resistencia y baja aleación y en esencia es un acero de bajo carbono que recibe un tratamiento termomecánico, este tratamiento puede realizarse de varias maneras. Su microestructura esta formada de 75 a 85% de $Fe\alpha$ (hierro α -ferrita) más martensita y en pequeñas porciones se tiene bainita inferior y austenita retenida. Su principal características es su excelente formabilidad.

I.2. PANORAMA HISTORICA

Estos aceros fueron patentados por la U.S. Steel C. en 1968, su desarrollo tiene una relación directa con el decreto que se dictó en Estados Unidos de Norte América, en relación al peso, resistencia al impacto y consumo de combustible, así como la deformabilidad que puedan soportar el decreto anterior se omitió a principios de los años 70's para industria automotriz.

Fue en el año de 1975 cuando se dió a conocer su enorme potencial.

El primer acero de doble fase que se dió a conocer en el mercado en los Estados Unidos en el año de 1978, dandolo a conocer Jones Laughlin Steel Co. cuya composición química básica es:

0.11%C, 1.5% Mn, 0.5% Si, 0.01%S, 0.05%V 0.04%Al.

Casi en forma paralela a la mitad de la década de los 70's se empezó a desarrollar en el Japón este tipo de aceros. En este país se han hecho estudios con aceros de bajo carbono, estudiandose por separado el efecto que tendrían otros aleantes.

Actualmente se han hecho muchos estudios sobre estos aceros, tanto en la industria automotriz, así como en la construcción de tubos conductores (esto último en el Japón) usando aceros bainíticos y de grano refinado que son otro

tipo de aceros de doble fase.

En la industria Mexicana estos aceros no han tenido un desarrollo prometedor debido principalmente a que la industria automotriz se encuentra manejada por transnacionales, sin embargo, podrían tener una aplicación muy amplia en la industria mexicana sobre todo en la industria de línea blanca, como son la fabricación de refrigeradores, estufas, lavadoras, etc., donde se utiliza lamina en gran cantidad y con ello podrían representar un ahorro en sus materias primas.

1.3. OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO

El objetivo del presente trabajo, es el de observar las características y propiedades de los aceros de doble fase, reconociendo sus ventajas y desventajas pudiendo compararlos con aceros convencionales de similar composición química. Con los ensayos de embutición, tracción y toma de dureza, se pretende apreciar las propiedades características de un acero de doble fase, aunque para ello se haya tenido que hacer un gran esfuerzo para fabricar el instrumental necesario para realizar tales ensayos.

II. DESARROLLO DE LOS ACEROS DE DOBLE FASE

El desarrollo de estos aceros se inició como se ha indicado principalmente en EE.UU. y Japón, aunque ha habido algunas investigaciones y trabajos sobre este tema en otros países como son Alemania, Inglaterra, etc.

En los Estados Unidos, se han fabricado aceros de doble fase, utilizando aceros de bajo carbono, adicionándoles algunos microaleantes que logren aparte de mejor templabilidad, otras características, que mencionaremos en su oportunidad. En el Japón se ha desarrollado este tipo de aceros con un porcentaje de carbono menor al 0.1% mostrando buena ductilidad como su característica -- principal.

II.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS ACEROS DE DOBLE FASE

Las características principales son:

1. La ductilidad de los aceros de doble fase es mayor que la de los aceros microaleados de similar resistencia tensil.

2. Soldabilidad.- La operación de soldadura parece no presentar problemas si el bajo carbono equivalente es conservado.

3. Resistencia a la fractura; es mayor en los aceros de doble fase que la que presentan los aceros microaleados, cabe mencionar que la fractura dúctil de un acero de doble fase, según se ha demostrado se inicia en las islas de martensita.

4. La deformación total de un acero de doble fase esta determinado por:

a). El índice de endurecimiento (γ)

b). La resistencia a la velocidad de deformación

c). La resistencia a la fractura de las islas de martensita

Las propiedades principales de los aceros de doble fase son:

1. Presentan tendencia al envejecimiento entre 50°C a 300°C. Esto se --

puede decidir de acuerdo a las investigaciones realizadas.

2. La gráfica σ - ϵ es continua en los aceros de doble fase, esto es, no presenta límite elástico marcado.

3. Endurecen rápidamente por trabajo.

4. Tienen un límite de fluencia bajo.

5. Tienen elevado esfuerzo de ruptura.

11.2. COMPOSICION DE LOS ACEROS DE DOBLE FASE

Un acero de doble fase es básicamente un acero de bajo carbono al cual - pueden ser adicionados algunos aleantes con la finalidad de mejorar sus propiedades.

Aunque puede variar el porcentaje en contenido de algún constituyente, - la siguiente es una composición típica para un acero de doble fase sin aleantes: 0.1% C, 1.5% Mn, 0.5% Si

Podemos encontrar aceros de doble fase con algunos aleantes por ejemplo, para un acero con Al, V, Cr, Mn, se encuentra particularmente el acero tipo: VAN Av (80) dado a conocer por Johns And Longhline Steel (en el año de 1978) su contenido es el siguiente: 0.11% C, 1.5% Mn, 0.5% Si, 0.01% S, 0.05% V, 0.04% Al.

Existe una gran diversidad de aceros de doble fase que pueden tener diferentes elementos aleantes de acuerdo a la finalidad del acero.

11.3. DISTRIBUCION DE LOS ESFUERZOS EN LOS ACEROS DE DOBLE FASE

La distribución de los esfuerzos en aceros de doble fase están relacionados con la densidad de dislocaciones que afecta en su resistencia a los aceros de doble fase.

Para calcular el esfuerzo de cedencia se puede utilizar la ley de mezclas dado que se considera al acero de doble fase como un acero con dos estructuras que se comportan diferentes una de la otra, de la ley de mezclas podemos encontrar que:

$$\sigma_{DC} = V_f (\sigma_{vf} + \sigma_{dw}) + V_m \sigma_{m}$$

donde :

σ_{yc} = Esfuerzo de fluencia del material compuesto.

σ_{yf}, σ_{ym} = Esfuerzo de fluencia de ferrita y martensita

V_f, V_m = Volúmenes fraccionales de ferrita y martensita

σ_{dm} = Contribución adicional de las dislocaciones en el esfuerzo de fluencia de la ferrita (debido a la transformación de martensita)

Si el esfuerzo de cadencia de un material compuesto se representa -

por:
$$\sigma_c = V_f k_f (\epsilon + \epsilon_{dm})^{n_f} + V_m \chi_m \epsilon^{n_m} \text{ --- (5)}$$

Considerando que las dislocaciones generadas por la transformación martensítica, son iguales a las generadas por el trabajo en frío, entonces se podría relacionar la densidad de dislocaciones móviles ocasionadas por la deformación.

$$\rho = \rho_0 + \rho \epsilon P^a$$

donde :

ϵP = Deformación plástica

$$\rho_0 = \rho \text{ (cuando } \epsilon P = 0)$$

ρ = Densidad de las dislocaciones

Considerando ahora las dislocaciones inducidas por la martensita

$$\rho_0 + \rho_{dm} = \rho_0 + C \epsilon_{dm}^a$$

$$\epsilon_{dm} = (\rho_{dm}/C)^{1/a} \text{ ---- (7)}$$

Sustituyendo (7) en (5)

$$\sigma_c = V_f k_f [\epsilon + (\rho_{dm}/C)^{1/a}]^{n_f} + V_m k_m \epsilon^{n_m} \text{ ---- (8)}$$

de (8) se puede observar que el esfuerzo de cedencia se puede incrementar por:

- Incrementar en el volumen fraccional de martensita
- Mediante una mayor resistencia de la martensita
- Induciendo una mayor densidad de dislocaciones en martensita.

La resistencia de la ferrita esta en función de la densidad de dislocaciones se distribuye no homogéneamente; empleando la relación de Hall y

Patch.

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y D_0^{-1/2}$$

La ecuación puede ser reescrita.

$$\sigma_{yc} = V_f (\sigma_0 f + k_v f D_0^{-1/2}) + V_f \sigma_{dm} + V_m \sigma_{ym} \text{ ---- (3)}$$

$$\sigma_{yc} = \sigma' + V_f k_v f D_0^{-1/2}$$

donde :

$$\sigma' = V_f \sigma_0 f + V_f \sigma_{dm} + V_m \sigma_{ym}$$

Se puede suponer que el endurecimiento subestructural de la ferrita es debido al volumen intercrítico antes del temple.

El anterior efecto puede ser incorporado a la ecuación (3) (según Bo vell) quedando $\sigma_{yc} / \omega_R = \sigma' + \sigma_{sn} + \sigma_{dr} + [\sqrt{2} \exp(\epsilon \omega_R)]^{-1/2} \sqrt{f K_y f D_0}^{-1/2} \dots (4)$

donde

σ_{yc} / ω_R Esfuerzo de cedencia del material compuesto.

II. 4. Estructuras presentes en un acero de doble fase

En un acero de doble fase se encuentra presente

a). Ferrita $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ferrita transformada} \\ \text{Ferrita sin transformar} \end{array} \right.$

b). Perlita

c). Martensita

d). Bainita

e). Austenita retenida

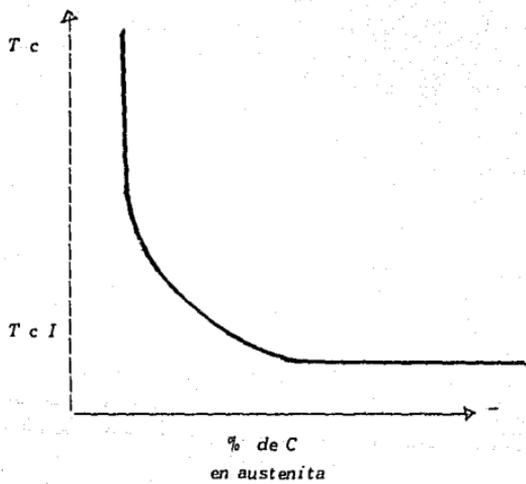
f). Carburos precipitados en los límites de grano

Podemos mencionar además que al calentar más arriba de la temperatura crítica se forma en las zonas ocupadas por los carburos, austenita inestable.

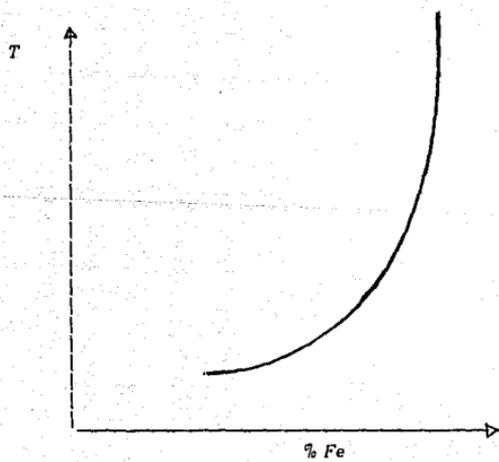
La temperatura de calentamiento determina el contenido de carbono y el volumen de austenita que existe en equilibrio en la ferrita.

En aceros calentados justo abajo de TCI, la cantidad de austenita -- será mínima, teniendo estos elevado contenido de carbono, como lo muestra la gráfica I y la II.

Grafica I



Grafica II



II.5. Efectos de los aleantes en los aceros de doble fase.

Los efectos que proporcionan los aleantes a los aceros de doble fase son muy similares a los efectos que los aleantes ocasionan a los aceros --convensionales de similares composiciones químicas.

Algunos aleantes utilizados en este tipo de aceros así como sus efectos son los siguientes:

Carbono (C). - Según el contenido de carbono, un aceros puede transformar más fácilmente sus estructuras, por ejemplo la transformación de perlita austenita.

El carbono estabiliza la austenita.

Silicio (Si). - Los aceros de doble fase comerciales tienen alrededor de 1% de Si, sus principales efectos son los siguientes:

Incrementa la resistencia sin notable disminución de la ductilidad.

Mejora la transformación perlitica.

Manganeso (Mn).

Estabiliza la austenita (mejora la templabilidad)

Molibdeno (Mo). - Sus efectos principales son:

Aumenta la templabilidad, con lo que se puede obtener entonces la estructura deseada por enfriamiento al aire.

Ayuda en la velocidad de enfriamiento donde se requieren velocidades de enfriamiento del orden de 2.5% seg. entre 649 y 371°C, el endurecimiento es independiente de la temperatura de recocido de un amplio rango.

Cromo (Cr). Mejora la templabilidad, influyendo en la velocidad de enfriamiento. En un acero tipo C Mn Si Cr, el uso del cromo ha sido relacionado de la siguiente manera:

Con 0.3% Cr se obtiene una velocidad de enfriamiento igual 11°C/seg.

Con 0.5% Cr se obtiene una velocidad de enfriamiento igual 3.39°C/seg.

Cabe señalar que tanto el cromo como el nilbdeno se emplean para causar el mismo efecto, pero resulta más económico el uso del cromo.

Fósforo (P).- Usado en el acero tipo Co, Si, P en el Japón se ha logrado obtener una resistencia de 414-690 Mpa.

Desventajas en el empleo de microaleantes.

Representa en general un incremento sustancial en el costo de los aceros de doble fase, debido al alto costo de los microaleantes.

Se requiere equipo especializado para fabricar aceros microaleados.

El exceso de carbono produce martensita alabeada o torcida.

El fósforo no mejora la relación resistencia-ductilidad.

11.6. OTROS ACEROS DE ALTA RESISTENCIA

El desarrollo de nuevos tipos de acero se ha realizado como respuesta a la demanda de la necesidad de aceros con características más adecuadas y bé neficas, un tipo de aceros desarrollados son los llamados aceros de alta re sistencia, mismos que ubicaremos a continuación.

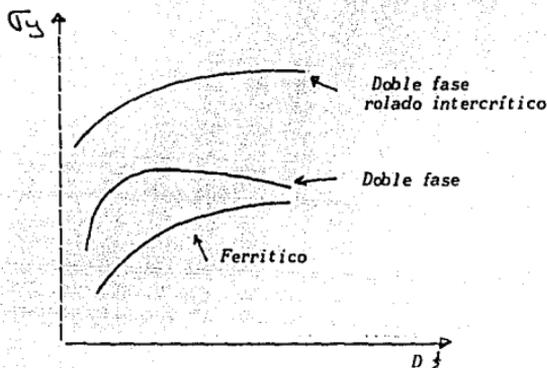
Tipos de aceros de alta resistencia:

- a). Serie 930 (refinamiento de gran aleación de V, Mo, Ti, solo laminados en caliente espesor mayor de 1.8 mm).
- b). Con acero recocido de recuperación (espesor de 1.4 a 1.7 mm).
- c). Doble fase (serie 980 espesor de .6 a 3 mm, otros hasta 1.6 mm. mayor formabilidad que todos).

Como podemos observar, los aceros de doble fase son aceros de alta re- sistencia, con las características ya mencionadas.

$\sigma_{SR} - \sigma_{DR}$ = Efecto del subgrano y dislocaciones desarrolladas durante el laminado.

EWR = Deformación por laminado de la ec (4) simplificada



$$\sigma_{yc} / \omega R = \sigma' + \sigma_{SR} + \sigma_{DR} + [\sqrt{2} \exp(EWR)]^{-1/2} v_f^p K_y f D_0^{-1/2} \dots (4)$$

La ecuación anterior se ha empleado sabiendo que no se puede usar

la relación $\sigma = k \epsilon^n$ para un acero de doble fase, esta ecuación se usa para el comportamiento de aceros convencionales.

II . 3.1. Comportamiento durante la deformación. El comportamiento durante la deformación es complejo debido a la interacción de las variables microconstituyentes.

Los aceros al carbono cumplen con la ec: $\sigma = k \epsilon^n$ en estos aceros ocurre la deformación no homogénea

En los aceros de doble fase la relación $\frac{\sigma_y}{\sigma_u} \approx .5$ a $.6$

Si se considera el acero de doble fase como un material compuesto

(F_{mat} matriz; m martensita refuerzo)

Otra forma de la aplicación de la regla de mezclas es:

$$\sigma_c = (1 - V_r) \sigma_m + V_r \sigma_r$$

$\sigma_m \rightarrow F_{mat}$ martensita $\rightarrow \sigma_r$

V_r = Volumen martensita.

III. METODOS DE OBTENSIÓN DE ACEROS DE DOBLE FASE

Para la obtención de aceros de doble fase se siguen generalmente dos métodos que son:

III. 1. Laminar en frío un acero y luego darle tratamiento térmico.

1. En este método se procede a laminar en frío un acero con microestructuras (FeO) y perlita.

2. Se procede a templar el acero, teniendo buen cuidado al hacer el tratamiento (Un buen control de la velocidad de enfriamiento), se obtendrá una matriz ferrítica con islas de martensita (estructura fibrosa).

La ventaja de este método es que se obtienen mejores acabados superficiales, la desventaja posible es que el costo del proceso se incrementa.

El método de laminado en frío y luego tratamiento térmico se puede a su vez dividir en dos métodos que son:

III. 1.1. Recocido Continuo.

En este método se siguen los siguientes pasos:

- a). Calentar rápidamente a una temperatura de austenización incompleta.
- b). Dejar a esa temperatura un lapso relativamente corto.
- c). Enfriamiento a una temperatura menor a la de comienzo de la formación de la martensita.
- d). Revenido a $500^{\circ}C$.

III.1.2. Recocido por lotes (Batch-analed)

Los mecanismos de transformación son similares a las del recocido continuo aunque existen diferencias en el tamaño de grano y subestructuras debidas al enfriamiento lento.

III.2. Laminar en tibio el acero y luego darle tratamiento térmico.

El material es calentado en un horno hasta aproximadamente 800°C en donde alcanza las condiciones deseadas (Homogeneidad en temperatura) hecho esto, se saca del horno y se dirige al laminador en donde se trabaja hasta que se encuentra a una temperatura poco mayor que la temperatura de austenización, inmediatamente después se le da un templado, con lo que se obtiene una estructura fibrosa de martensita.

La ventaja de este proceso comparado con el anterior es que resulta ser más barato, pero su desventaja es que su acabado superficial es menos bueno que el método anterior, además de que se debe tener cuidado para controlar la velocidad de laminación para poder conservar una cierta temperatura.

Al obtener una estructura bifásica a partir de una convencional se puede comprobar que las fibras de martensita resultantes, coinciden con las de perlita previa, si se parte de cementita esferoidal, se obtiene una real porción de martensita a lo largo de los límites de grano de ferrita.

III.3. Otros métodos de obtención.

1. Para la obtención de un acero bainítico de doble fase del cual hablaremos más adelante, el método de obtención es el siguiente. (en el Japón).

Refinación del tamaño de grano.

Durante el proceso de fabricación (B.O.F.) finas partículas de nitrato de titanio se dispersan en el acero para impedir el crecimiento del cristal y limitar el crecimiento del tamaño de grano entre el calentamiento y laminación.

2. Laminación.- Un método especial llamado "Laminación Controlada" se lleva a cabo en el laminador de chiapas. El desbaste deja al horno de calentamiento a una temperatura más baja que la normal y se aplica una fuerte presión de laminación en el laminador, acabado dentro del rango de temperatura de no recristalización.

Tratamiento térmico, tales como el enfriamiento por inmersión y el templado, no se requieren luego de la laminación de acabado.

3. Reducción del contenido de carbono y equivalente de carbono.

El alto contenido de carbono y el equivalente de carbono en el acero dando como resultado una soldabilidad deficiente, en el caso de los tubos conductores deterioran la calidad de las juntas.

En consecuencia, considerando el balance entre la resistencia y la tracción y la soldabilidad, el acero deberá ser de baja aleación con poco contenido de carbono.

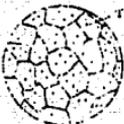
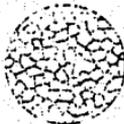
La descarbonación se efectúa en el proceso BCF y en el recipiente de vacío RH.

4. Mejora de la pureza

Impurezas tales como óxidos, sulfuros, fosfatos, nitruros e hidrógeno en el acero ocasionan rajaduras y otros efectos adversos al soldarse un acero y exponerse a altas presiones, bajas temperaturas o ambientes corrosivos.

Por consiguiente tales impurezas deberán reducirse en sumo grado, especialmente el contenido de azufre.

Tabla comparación: entre los nuevos aceros bainíticos y los convencionales.

Comparación entre los nuevos aceros bainíticos y los convencionales			
		Nuevo acero bainítico bajo en carbono	Acero bainítico convencional
Evolución de las etapas	Calentamiento de desechos	 ASME N.º 3 a 6	 ASME N.º 3 a 9
	Continuación del laminar		
	Laminación de acabado		
	Mezcla de la estructura del producto		

IV. PERSPECTIVAS Y LIMITACIONES

IV.1. Uso potencial.

El empleo de los aceros de alta resistencia representa en promedio un ahorro en peso del orden del 18%; teniendo las máximas reducciones en peso al emplear aceros de doble fase, pudiéndose llegar a valeres del orden del 30%.

Las propiedades óptimas de un acero de doble fase se obtienen para acero con componente de ferrita de grano ultrafino $\approx 3\mu$ libre de precipitaciones - de carburos un acero de doble fase contiene en ocasiones más del 30% de martensita.

Teniéndose en cuenta estas propiedades y las antes mencionadas se puede comprender una serie de ventajas que se obtienen al usar estos aceros en lugar de los aceros convencionales.

IV.2. Desarrollo Industrial.

El desarrollo industrial de los aceros de doble fase se ha iniciado principalmente en la industria automotriz desde mediados de los 70's, en esta industria se han utilizados espesores de hasta 2 mm.

En el Japón se han utilizado aceros con C 0.1% teniendo como principal virtud su buena soldabilidad usándose también en la industria automotriz.

En E.U. se han usado aceros con microaleantes para asignar mayor templeabilidad.

En la actualidad (1987) en el Japón se han fabricado aceros de doble fase que son:

a). Los bainíticos cuyas fases son ferrita (Fe α) y bainita usándose en la fabricación de tubos conductores.

b). Acero de grano refinado ferrítico-perlítico, usado en la fabricación de tubos conductores de gran diámetro. Tanto los aceros bainíticos como los perlíticos han sido desarrollados por la Compañía Nipon Steel.

I.V. 3. Desarrollo Futuro.

Seguramente el empleo de los aceros de doble fase crecerá en forma extraordinaria debido a las excelentes propiedades que tienen este tipo de aceros - en los que se estudiará seguramente el empleo en gran escala de microaleantes para obtener propiedades mejoradas, por ejemplo: el vanadio que refina la estructura, se investigará el efecto del revenido, seguramente también se aprovechará, mediante un mejor estudio la transformación de la austenita retenida en martensita por efecto de la deformación.

IV. 4. Limitaciones

Seguramente una de las principales limitaciones será el costo del equipo de producción de estos aceros ya que para su producción se requiere un control muy riguroso en cuanto a temperaturas velocidad de enfriamiento, tiempo de calentamiento, etc. Para esto la tecnología es parte esencial en el desarrollo de plantas constructoras de este tipo de aceros, pues se requiere una tecnología relativamente moderna.

La investigación sobre este tema seguramente tiene un futuro muy amplio, -pues cada vez que se obtiene nueva información acerca de la constitución, propiedades y características al adicionar ciertos aleantes en los aceros de doble fase. La producción de aceros de doble fase resulta ser más cara aún si se le adicionan aleantes.

V. PARTE PRACTICA

Al realizar el presente trabajo se ha planteado como objetivo el apreciar las ventajas y desventajas que ofrece un acero básico en relación a un acero convencional.

Se ha partido de un acero de bajo carbono (1006) con estructura ferrita y perlita.

Procedimiento seguido.

1o. Iniciamos el proceso dándole al acero un tratamiento mecánico mediante la laminación de este acero hasta obtener un espesor de 1 mm. aproximadamente.

Cabe señalar que se laminaron suficientes probetas(85)

Para poder variar las condiciones del proceso y poder apreciar los posibles cambios en su comportamiento en evento a propiedades. En las laminillas que se laminaron en caliente, sin embargo, es de esperarse que con el tratamiento térmico se obtenga igualmente una estructura de doble fase.

2. Se realizó un tratamiento térmico que fué un templado a diferentes temperaturas y a diferentes medios de enfriamiento (esto podrá demostrar, si debido al empleo de diferentes medios de enfriamiento y diferentes temperaturas de temple cambian las propiedades mecánicas.

Los pasos anteriores se pueden detallar de la siguiente forma:

Primero se escogió una placa de acero AISI 1006 con las siguientes dimensiones

5/16" de espesor inicialmente

25 cm de largo

2.54 cm. de ancho

Las muestras de este acero tiene una composición química de:

0.07 C 0.32 Mn 0.2 Si 0.015 P 0.0245 S 0.05Cr 0.11 Ni 0.02 Mo

Se procedió a laminarla hasta obtener muestras de 1 mm de espesor y un ancho de 3 a 3.5 cm. y largo de 20 cms.

Señalaremos que estaban perfectamente numeradas las probetas por trabajar.

De tal manera que se tenían marcadas las probetas (Laminillas) por su número en la laminación.

De aquí se procedió a la realización de las pruebas mecánicas que fueron:

V.1. LAMINACION

V. 1. Teniendo las muestras bien numeradas se procedió a laminarlas de tal manera que se dejaron todos a un espesor de 1 mm.

Se prepararon para darles el tratamiento térmico con las siguientes observaciones:

V.2. Un primer bloque de laminillas.

Se metieron al horno con una temperatura de 780°C, cuando tenían la temperatura homogénea en su estructura (para ello se mantuvo el tiempo adecuado en el horno) o sea 20 minutos. Se sacaron del horno rápidamente y se enfriaron en 4 medios de enfriamiento diferentes que fueron:

- a). Agua a temperatura ambiente
- b). Agua con hielo
- c). Agua con hielo y sosa
- d). Aceite a temperatura ambiente

Otro bloque se calentó a 800°C y cuando este bloque de laminillas estuvo en condiciones adecuadas (temperatura homogénea, en el tiempo necesario), se sacaron del horno y se enfriaron en los cuatro medios descritos anteriormente.

Finalmente se calienta en el horno otro bloque a 820°C y cuando estuvieron en condiciones adecuadas, se sacaron del horno y se procedió a enfriarlos en los 4 medios de enfriamiento descritos.

Una vez que se ha hecho los tratamientos termomecánicos, se separaron las probetas marcadas apropiadamente como se muestra:

Temperatura	780°C	Templado	Agua	Agua con hielo y <u>so</u> sa	Agua con hielo	Aceite
Laminillas	1	*				
Laminillas	2		*			
Laminillas	3					*

V.3. Prueba de dureza

Se procedió a tomar durezas a las probetas utilizando un aparato para durezas escogiendo la escala Rockwell B. en donde hicimos las pruebas a cada una de las probetas a lo largo de ellas para sacar un promedio, como lo muestra la tabla de datos logrando datos que se pueden comparar con los obtenidos en la laminilla sin tratamiento térmico.

V.4. Prueba de Microdureza

Se escogieron varias laminillas (probetas) que tenían una dureza discrepante en relación con la que tenían la mayoría y se les preparó para tomarles microdureza, para ello se cortó una pequeña porción de laminilla (aproximadamente una porción de 1 cm por 1 cm), se puso sobre esta porción una resina preparada con líquido; que al pasar unos minutos se endureció, quedando la porción de probeta a simple vista y lista para la toma de microdureza; Esta forma se realizó en un micrometro, con una carga en el penetrador de 200 gr. dando lecturas en la escala Vickers con una conversión en base a la magnitud de la huella dejada por el penetrador, los datos aparecen en la hoja respectiva.

V.5. Prueba de embutido.

En este ensayo se observará la formabilidad de este tipo de aceros y se podrá comparar con la formabilidad de aceros convencionales.

Para hacer este ensayo fué necesario fabricar un dispositivo acoplador -- (como la muestra el apéndice A) que se podrá utilizar gracias a la máquina de pruebas INSTRON que se utiliza normalmente para hacer ensayos de tracción, -- compresión y fatiga.

Con este ensayo podremos tener una clara visión de la resistencia a la -- deformación que presentan estos aceros los datos aparecen en la hoja respectiva.

V.6. Metalografía.

Aprovechando las probetas que se utilizarán para tomar microdureza, se --

procedió a prepararlas para la metalografía, por lo que se pulieron al acabado espejo, y se atacaron con nital al 1%, después se tomaron fotografías con ayuda del microscopio especial en el que se hacen estas pruebas y donde se puede apreciar las estructuras resultantes.

V. 1. Ensayos de tracción

Siguiendo la norma existente para la realización de estos ensayos (medidas normalizadas de las probetas; se maquinaron probetas de las laminillas con - que se trabajo y que se escogieron para este ensayo. Este ensayo se realizó en la maquina INSTRON donde gracias a su potencia se lograrán, datos, graficas y otros datos que serán de mucha utilidad y que se muestran en la tabla - correspondiente.

NOTA: La laminación de las probetas se realizó en dos formas una en forma -- longitudinal y otra en forma transversal.

Las laminillas 1 a 23 en forma longitudinal.

Las laminillas de 52 a 69 en forma transversal.

Esto puede tener algunos efectos en las propiedades y lo podemos apreciar en los datos obtenidos.

Teniendo las muestras bien numeradas se procedió a laminarlas de tal manera que se dejaron todas a un espesor de 1 mm. (algunas laminas ya tenían este espesor al ser laminadas en tibió en un trabajo de tesis anterior).

LAMINADOS EN SECCION TRANSVERSAL ESPESOR

1 mm más .05 mm.

LAMINA No.	TRATAMIENTO TERMICO	DUREZA
52	780 °C Agua	97
62	" "	72
56	" "	63
59	" "	68
56	780 °C Agua c/hielo y sosa	90
52	" " " "	88
58	" " " "	75
57	780 °C Agua con hielo	62
52	" " " "	78
58	" " " "	77
56	780°C Aceite	73
57	" "	72.5
58	" "	67
57	800 °C Agua	74
63	" "	96
61	" "	76
59	" "	73
60	800 °C Agua c/hielo y sosa	75
59	" " " "	74
61	" " " "	76
63	" " " "	76
60	800 °C Agua con hielo	76
54	" " " "	67
62	" " " "	69
61	800 °C Aceite	69
62	" "	68
64	820 °C Agua	65
65	" "	82
68	" "	71
64	820 °C Agua c/hielo y sosa	79
66	" " " "	83
68	" " " "	70
65	820 °C Agua c/hielo	80
67	" " " "	74
66	" " " "	68
67	820°C Aceite	75
66	" "	69
65	" "	69

PRUEBA DE DUREZA

LAMINA No.	TRATAMIENTO TERMICO	DUREZA PROMEDIO R.B.
1	780°C temp. en agua	75
2	" " "	74
3	" " "	75
4	" " "	76
1	780°C Agua con hielo y sosa	74
2	" " " "	72
2	" " " "	86
4	" " " "	75.2
1	780°C Agua con hielo	81.2
2	" " " "	70.0
3	" " " "	84.2
4	" " " "	73
2	780°C Aceite	85
3	" " "	82
4	" " "	77
8	800°C Agua	62
5	" " "	91.75
12	" " "	75
13	" " "	68.75
11	" " "	78
5	800°C agua c hielo y sosa	79.75
11	" " " "	76
8	" " " "	69.75
12	" " " "	80
5	800°C Agua con hielo	91.5
12	" " " "	75
13	" " " "	78.5
6	" " " "	90
17	" " " "	81
5	800°C Aceite	90
11	" " "	86.75
13	" " "	74.87
6	" " "	77
18	820°C Agua	77.2
16	" " "	72
22	" " "	75
14	" " "	89
18	820 °C Agua c hielo y sosa	75.5
20	" " " "	81
16	" " " "	78
14	" " " "	85
20	820°C Agua c hielo	83.5
18	" " "	81
21	" " "	81.75
17	820 °C Aceite	77
21	" " "	75.5
20	" " "	79.7

LAMINADAS LONGITUDINALMENTE ESPESOR 1mm más .05 mm.

	LAMINA No.	HUELLA TAMAÑO PRO- MEDIO	MICRODUREZA EQUIVALENTE	EQUIVALENTE A R.B.	TRATAMIENTO TERMICO
LONGITUDINALES	2	35.97	288	85	780 °C agua c/hielo y sosa
	3 1o. caso	40.01	232	78	780 °C agua
	3 2o. caso	41.17	220	77	780 °C agua c/hielo
	4	37.6	262	84	780 °C agua c/hielo y sosa
	8	39.2	243	79	800 °C en agua
	14	38.4	252	83.5	820 °C en agua
	18	37.3	268	85	820 °C agua c/hielo
	23	35.5	296	83	Sin tratamiento
	6	40	232	18	800 °C agua con hielo
	17	39.2	243	80	820 °C en aceite
TRANSVERSALES	5	34.3	315	93	800 °C en agua
	59	45.37	181	73	800 °C en agua
	52	34.6	310	97	800 °C en agua
	56	40.6	225	70	780 °C en aceite
	57 1o.	39.7	235	78	780 °C agua c/hielo
	57 2o.	37.5	264	82	780 °C en aceite
	66	35.6	293	83	820 °C en aceite
	64	40.9	223	70	820 °C en agua
	65	38.4	252	83.5	820 °C en agua
	64	46.27	208	68	800 °C agua
69	34.35	315	93	Sin tratamiento term	

TAFEL 5

Prüfkraft P = 200 g

tabla de conversión de la escala

Vickers A rockwell B

d in #	Vickers HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	1027	1017	1006	996	985	975	965	955	946	937
20	927	918	909	900	891	881	874	866	857	849
21	841	833	825	817	810	802	795	788	780	773
22	766	759	753	746	739	733	726	720	713	707
23	701	695	689	683	677	672	666	660	655	649
24	644	637	633	628	623	618	613	608	603	598
25	593	589	584	579	575	570	566	562	557	553
26	549	544	540	536	532	528	524	520	516	512
27	509	505	501	498	494	490	487	483	480	476
28	473	470	466	463	460	457	453	450	447	444
29	441	438	435	432	429	426	423	420	418	415
30	412	409	407	404	401	397	395	394	391	388
31	385	383	381	379	376	374	371	369	367	364
32	367	360	358	355	353	351	349	347	345	343
33	341	337	335	334	332	330	327	327	325	323
34	321	319	317	315	313	312	310	308	306	304
35	303	301	299	298	296	294	293	291	289	288
36	295	285	281	280	278	277	275	274	272	272
37	271	269	268	267	265	264	262	261	260	258
38	257	255	253	252	250	249	248	245	245	245
39	244	243	241	240	239	238	237	235	234	233
40	237	231	229	228	227	226	225	224	223	222
41	221	220	218	217	216	215	214	213	212	211
42	210	209	207	206	205	203	203	202	202	202
43	201	200	199	198	197	196	195	194	193	192
44	192	191	190	189	188	187	186	185	185	184
45	183	182	182	181	180	179	178	178	177	176
46	175	175	174	173	172	172	171	170	169	169
47	168	167	166	165	165	164	163	162	162	162
48	161	160	160	159	158	158	157	156	156	155
49	154	154	153	153	152	151	151	150	149	149
50	148	148	147	147	146	145	145	144	144	143
51	143	142	141	141	140	139	139	138	138	137
52	137	137	136	136	135	135	134	134	133	133
53	132	132	131	131	130	130	129	129	128	128
54	127	127	126	126	125	125	124	124	124	123
55	123	122	122	121	121	120	119	120	119	119
56	118	118	117	117	116	116	115	115	115	115
57	114	114	113	113	113	112	112	111	111	111
58	110	110	109	109	109	108	108	108	107	107
59	107	106	106	105	105	105	104	104	104	103
60	103	103	102	102	102	101	101	101	100	100

TAFEL 5

Prüfkraft P = 200 g (Fortsetzung)

d in #	Vickers HV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
61	99,7	99,3	99,0	98,7	98,4	98,0	97,7	97,4	97,1	96,8
62	96,5	96,2	95,9	95,6	95,2	94,9	94,6	94,3	94,0	93,7
63	93,4	93,1	92,9	92,6	92,3	92,0	91,7	91,4	91,1	90,8
64	90,7	90,3	90,0	89,7	89,4	89,1	88,9	88,6	88,3	88,1
65	87,8	87,5	87,2	87,0	86,7	86,4	86,2	85,9	85,7	85,4
66	85,1	84,7	84,6	84,4	84,1	83,9	83,6	83,4	83,1	82,9
67	82,6	82,4	82,1	81,9	81,6	81,4	81,2	80,9	80,7	80,4
68	80,2	80,0	79,7	79,5	79,3	79,0	78,8	78,6	78,4	78,1
69	77,9	77,7	77,4	77,2	77,0	76,8	76,5	76,3	76,1	75,9
70	75,7	75,5	75,2	75,0	74,8	74,6	74,4	74,2	74,0	73,8
71	73,6	73,4	73,1	72,9	72,7	72,5	72,3	72,1	71,9	71,7
72	71,5	71,3	71,1	70,9	70,7	70,5	70,4	70,2	70,0	69,8
73	69,6	69,4	69,2	69,0	68,8	68,6	68,5	68,3	68,1	67,9
74	67,7	67,5	67,3	67,2	67,0	66,8	66,6	66,5	66,3	66,1
75	65,9	65,7	65,6	65,4	65,2	65,0	64,9	64,7	64,5	64,4
76	64,7	64,0	63,9	63,7	63,5	63,4	63,2	63,0	62,9	62,7
77	62,5	62,4	62,2	62,1	61,9	61,7	61,6	61,4	61,3	61,1
78	60,9	60,8	60,6	60,5	60,3	60,2	60,0	59,9	59,7	59,6
79	59,4	59,3	59,1	59,0	58,8	58,7	58,5	58,4	58,2	58,1
80	57,9	57,8	57,6	57,5	57,4	57,2	57,1	56,9	56,8	56,7
81	56,5	56,4	56,2	56,1	56,0	55,9	55,7	55,6	55,4	55,3
82	55,1	55,0	54,9	54,7	54,6	54,5	54,3	54,2	54,1	54,0
83	53,8	53,7	53,6	53,4	53,3	53,2	53,1	52,9	52,8	52,7
84	52,6	52,4	52,3	52,2	52,1	51,9	51,8	51,7	51,6	51,4
85	51,3	51,2	51,1	51,0	50,8	50,7	50,6	50,5	50,4	50,3
86	50,1	50,0	49,9	49,8	49,7	49,6	49,4	49,3	49,2	49,1
87	49,0	48,9	48,8	48,7	48,5	48,4	48,3	48,2	48,1	48,0
88	47,9	47,8	47,7	47,6	47,4	47,3	47,2	47,1	47,0	46,9
89	46,8	46,7	46,6	46,5	46,4	46,3	46,2	46,1	46,0	45,9
90	45,8	45,7	45,6	45,5	45,4	45,3	45,2	45,1	45,0	44,9
91	44,8	44,7	44,6	44,5	44,4	44,3	44,2	44,1	44,0	43,9
92	43,8	43,7	43,6	43,5	43,4	43,3	43,2	43,1	43,0	42,9
93	42,9	42,8	42,7	42,6	42,5	42,4	42,3	42,2	42,1	42,0
94	42,0	41,9	41,8	41,7	41,6	41,5	41,4	41,3	41,2	41,1
95	41,1	41,0	40,9	40,8	40,7	40,7	40,6	40,5	40,4	40,3
96	40,2	40,2	40,1	40,0	39,9	39,8	39,7	39,7	39,6	39,5
97	39,4	39,3	39,2	39,2	39,1	39,0	39,0	38,8	38,8	38,7
98	38,6	38,5	38,5	38,4	38,3	38,2	38,1	38,1	38,0	37,9
99	37,8	37,8	37,7	37,6	37,5	37,5	37,4	37,3	37,2	37,2

ENSAYO DE EMBUTIDO

LAMINA	TIPO DE TRATAMIENTO TEMPLADO	X mm	l mm	Y max
2	Aceite	72	9.1	60.7 %
2	Agua a temp. ambiente	84	10.7	57.0 %
3	Agua con hielo	68	8.6	54 %
4	Agua con hielo y sosa	83	10.5	65 %
5	Agua	55	6.98	43.3 %
5	Agua c/hielo y sosa	64	8.13	59.7 %
5	Agua con hielo	63	8	58 %
5	Aceite	86	10.9	62.3 %
18	Agua	90	11.4	68 %
20	Aceite	91	11.55	6.39%
20	Agua c/hielo y sosa	85	10.8	68 %
20	Agua c/hielo	42	10.6	70 %
30	Sin tratamiento térm.	47	6	40 %
39	" " "	55	7	44.3 %
52	Agua c/hielo y sosa	68	8.6	
52	Agua c/hielo	83	10.9	
52	Agua	68	8.6	
60	Agua	83.0	16.5	66.7 %
Probetas S.N.	Sin tratamiento térmico	90	11.4	
60	Agua c/hielo y sosa	77	9.8	
60	Agua c/hielo	84	10.7	63 %
63	Agua c/hielo y sosa	69	8.8	
64	Agua c/hielo y sosa	78	9.9	59.4 %
65	Agua	78	9.9	56.7 %
65	Agua c/hielo	80	10.2	60.3 %
65	Aceite	77	9.8	56 %
72	Sin tratamiento térm.	51	6.5	45 %
73	" " "	52	6.6	46 %

PRUEBA DE TRACCION

MUESTRA	CARGA MAXIMA SOP. Kg	DEFORMACION (X) CM	ANCHO mm	TRATAMIENTO TERMICO
A	650	.3125	7.44	Sin T.T.
B	462.5	.625	7.35	Sin T.T.
C	425	.612	7.25	(Agua)
D	680	.82	7.13	Sin T.T.
E	430	.68	7.17	(Agua)
E	465	.6125	7.25	Aceite
F	745	.2	7.48	Agua
G	482.5	.7125	7.35	Agua
H	715	.168	7.32	Agua
I	840	.168	7.31	Agua
J	575	.687	7.22	Agua c/hielo
K	840	.168	7.47	Agua sosa c/hielo'y
L	440	.6	7.22	" "
M	470	.6	7.55	" "
N	445	.725	7.27	Agua c/hielo
O	66	.725		Agua

ANALISIS DE DATOS

Promedio de carga soportada en probetas con tratamiento térmico

579.38 Kg

Promedio de carga soportada en probetas sin tratamiento térmico

597.3 Kg

Estas probetas fueron laminadas en tibio por lo que también son aceros de doble fase.

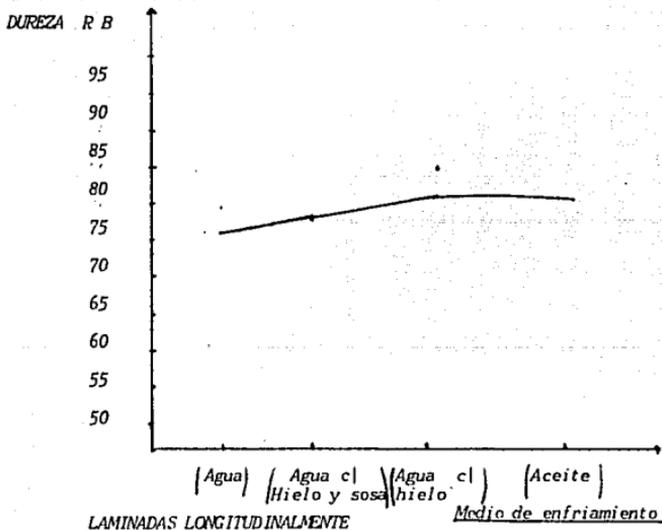
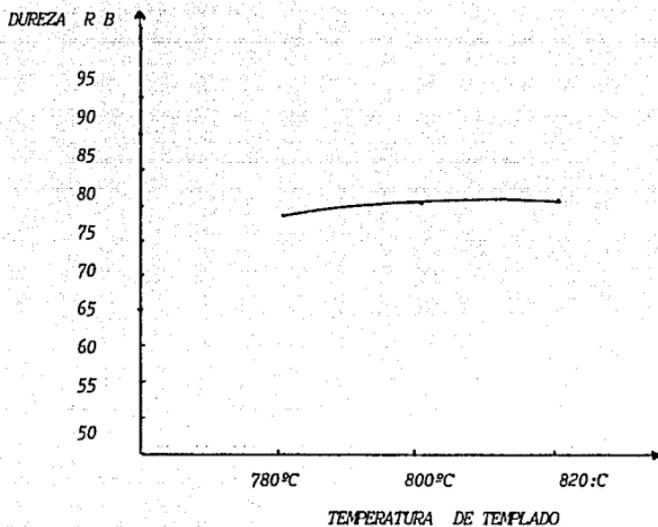
Deformación en promedio en probetas con tratamiento térmico

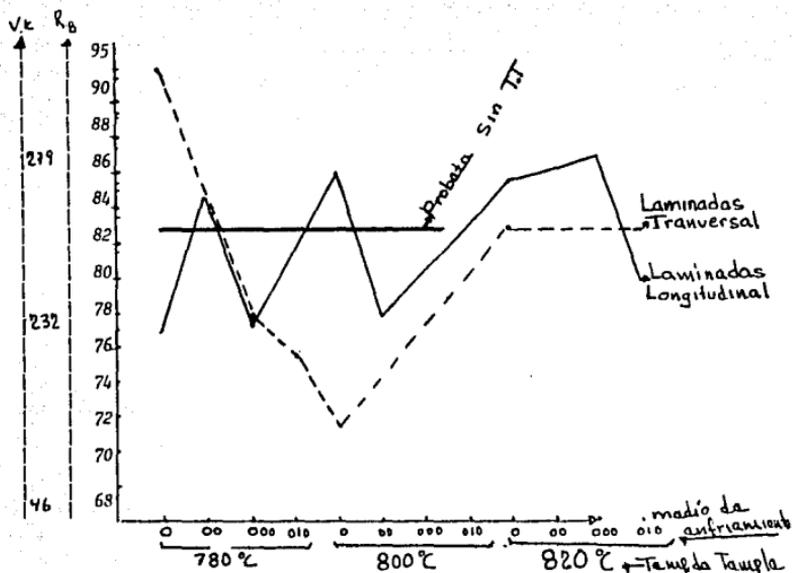
.4359 Cm

Deformación en promedio en probetas sin tratamiento térmico

.4191 cm

(en turno, aunque no se descarta que sufrieron tratamiento en - tibio).





Promedio dureza en base a datos de microdureza

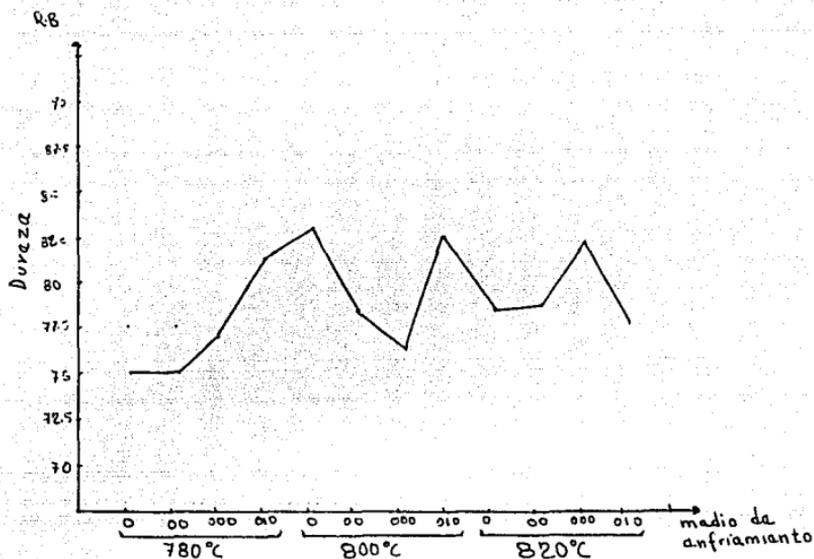
82.28 R B Laminas Longitudinales

296 VICKERS

Promedio dureza en base a datos de microdureza

77 R.B Laminadas transversalmente

232 V.K



Notación del medio de enfriamiento

- 0- Agua a temp. ambiente (20°C)
- 00- Agua con hielo y sosa
- 000- Agua con hielo
- 010- Aceite

Tabla de datos (DUREZA)

Temperatura y medios de enfriamiento

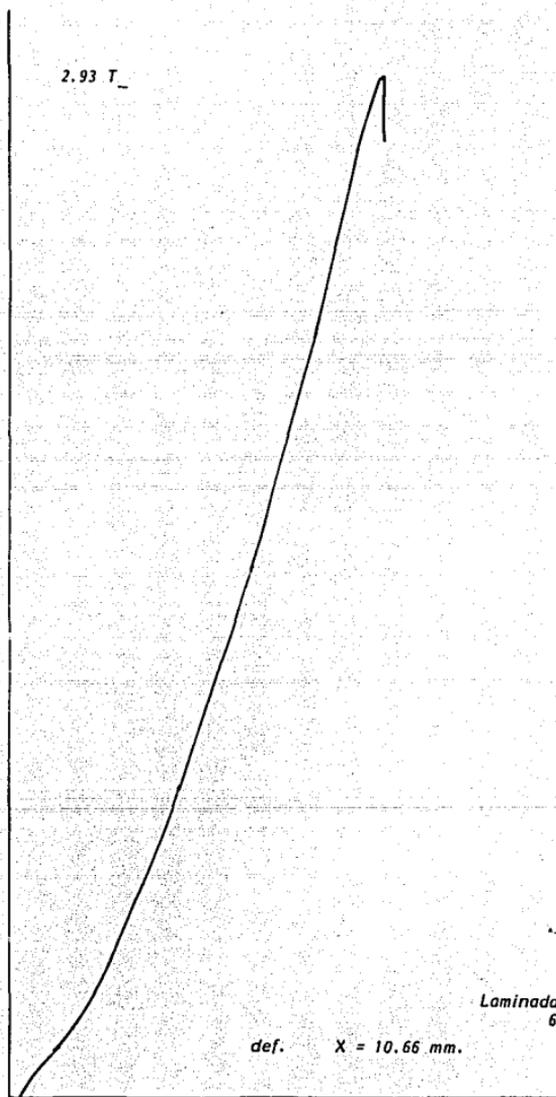
780°C				800°C				820°C			
R.B.	00	000	010	0	00	000	010	0	00	000	010
75.	75.1	77.1	81.3	83.2	77.3	76.5	82.5	78.3	79.8	82.0	77.4
				*							
*											

Dureza más alta

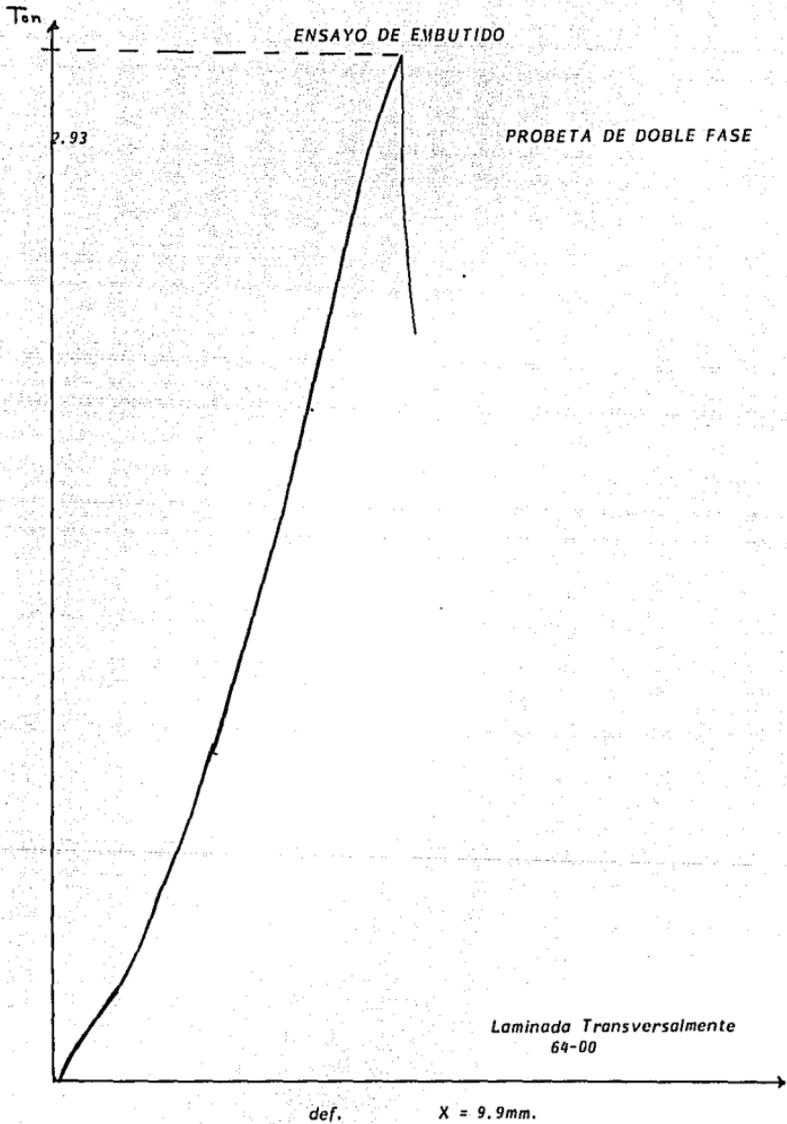
Dureza más baja

ENSAYO DE EMBUTIDO

Probeta de doble fase



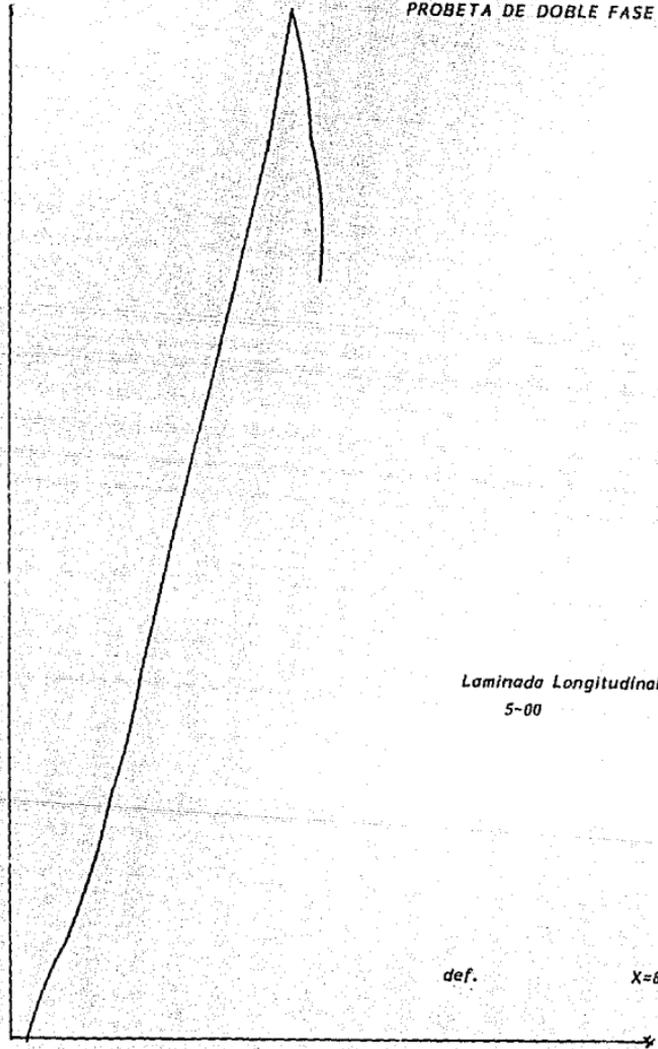
Laminadas Transversalmente
65 - 000



ENSAYO DE EMBUTIDO

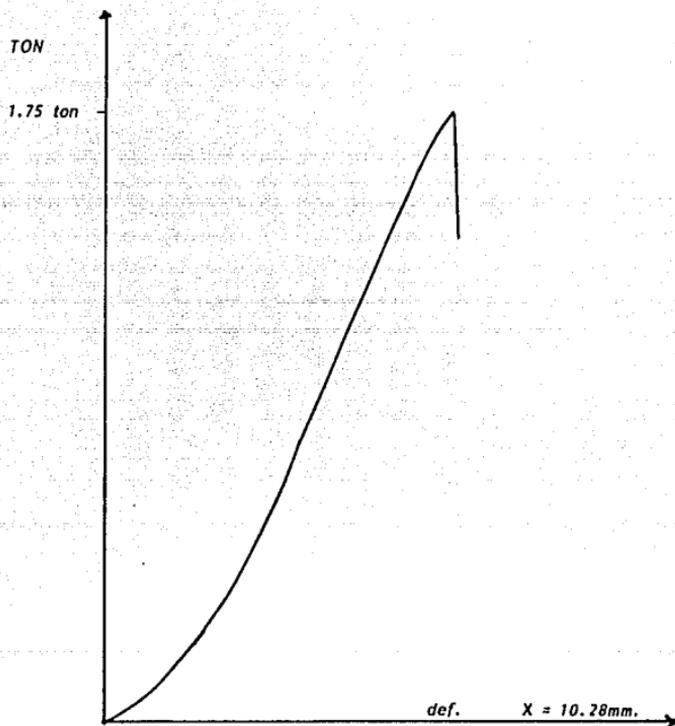
TON
2.98 -

PROBETA DE DOBLE FASE



ENSAYO DE EMBUTIDO

PROBETA CONVENCIONAL

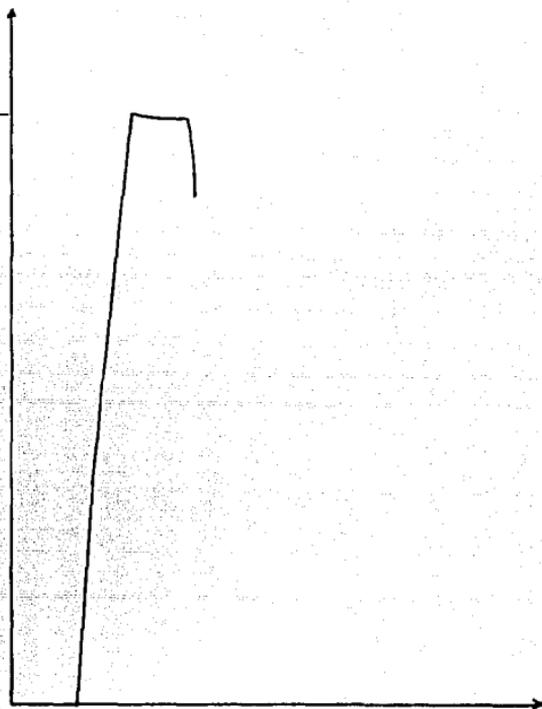


ENSAYO DE TRACCION

PROBETA CONVENCIONAL

CARGA
TON.

.650



3.125 mm.

def.

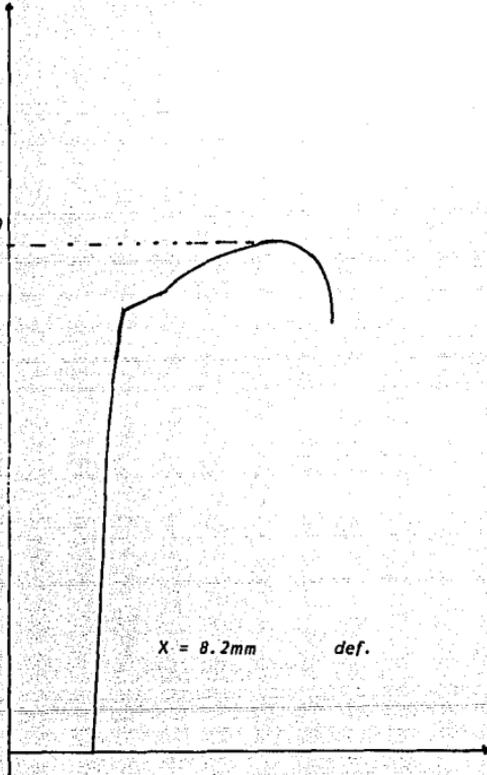
ENSAYO DE TRACCION

PROBETA DE DOBLE FASE
00

CARGA
TON

.560

X = 8.2mm def.



VI. OBSERVACIONES

VI. 1. Este trabajo tiene el antecedente de la fabricación de aceros de doble fase, por laminación en tibio y luego tratamiento térmico.

VI.2. Al hacer el templado en las probetas se puede tener errores -- en la información, debido a que al sacar las muestras del horno, se pierde cierto tiempo y con ello la temperatura de las muestras decrece, además al introducir las probetas en el medio de enfriamiento se debe cuidar el agitar la muestra para que el enfriamiento sea homogéneo el no hacerlo, ocasiona -- areas más templadas que otras.

VI. 3. Al hacer la prueba de microdureza, del valor resultante se obtuvo en Vickers y se obtuvo el valor equivalente en la escala rockwell B para checar el valor que se había obtenido en la prueba de dureza.

VI. 4. En la pruebas de embutido y tracción se procedió a consultar las normas existentes para tal fin

VI. 5. Para poder realizar el ensayo de embutido se procedió a fabricar el instrumental necesario para este fin, ya que hasta antes de este trabajo se carecía del equipo de embutido. El proceso de fabricación se detalla en el apéndice de este trabajo.

VII. CONCLUSIONES

VII. 1. En el presente trabajo se logro obtener una estructura de doble fase a partir de un tratamiento termomecánico a un acero de bajo carbono convencional.

VII. 2. Los datos obtenidos al hacer las pruebas de dureza, muestran que se obtiene un acero con dureza más alta, al elevar la temperatura de temple a 800°C, y enfriarse en un medio que puede ser agua a temperatura ambiente o aceite.

VII. 3. Las gráficas del ensayo de tracción muestran claramente que la probeta que ha sido tratada termomecánicamente, muestran en la curva - que el límite elástico no esta marcado, es decir, se tiene un material - que permite una mayor deformación.

VII. 4. El ensayo de embutido nos muestra que las probetas de doble fase o sea las que recibieron un tratamiento termomecánico, permiten una - mayor penetración de parte del punsón que hace el embutido con lo que nos damos cuenta que en este tipo de acero se logra una mayor formbilidad - (deformación) además de incrementar o por lo menos mantener la resistencia a la carga es decir el límite elástico o plástico.

VII. 5. En el ensayo de microdureza comprobamos que los valores obtenidos en el ensayo de dureza no varía en forma importante. En las probetas que no había habido un tratamiento termomecánico se aprecian variaciones en los valores de microdureza.

VII. 6. Se puede decir que las laminillas (probetas) que no fuerón tratadas termomecánicamente, en el ensayo de tracción, en algunos casos valores grandes en cuanto a la carga soportada pero en general, su deformación fué my pobre comparada con las probetas de doble fase.

VII. 7. La construcción de el equipo para la realización del ensayo de embutido resulto ser un éxito.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- *La formabilidad de aceros de doble fase.*
M.Y. Demiri. Metallurgical Transactions. Julio 1981
- *The devolument of some dual-phase steel structures from different starting microstructures.*
Metallurgical Transactions. Xue-Ling abril 1985-vol 16.A
- *Sprich Millerhan. Demostrado en función de la resistencia de la ferrita.*
- *Desing of duplex for carbon steels for impreved strength; weigh aplications.*
J.Y. Koo and G. Thomas
- *Formable H S L A and dual phase steels.*
Relationship Betwens Steel microstructure and formability
M.S.Rashid 26/III/85
- *Deformación Characteristics of dual phase steels*
A.R.Mirdev metalurgical transactions enero 1982
- *On the ductulity of dual phase steels*
R.G. Dosieres
- *Dual Phases Steels*
M.S. Rashid,
Metallurgy Departament. august 1981
- *Aceros de doble fase*
Tesis Guillermo Santana Arias 1986,
Introducción a la metargía física.
Avner, Editorial Mc Graw Hill 1982

- *Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones.*

Richard A Flinn Paul K. Trojan 1982

- *Mechanical Metallurgy 2/e ISE*

Dieter 1985.

IX. APENDICE

Construcción del equipo empleado para el ensayo de embutido realizado en el presente trabajo.

ANTECEDENTES

Al hacer las pruebas de comportamiento a un acero de doble fase es importante sobre manera, observar el comportamiento de este acero en el ensayo de embutido, en el cual la deformación puede observarse en forma muy clara.

Como en el taller de la facultad no existía el equipo necesario para la realización de este ensayo, se penso en fabricar el equipo necesario para tal fin, pensando además en aprovechar la maquina de pruebas INSTRON.

Empezamos por adquirir la información de dicho ensayo tanto en lo relacionado a las normas que lo rigen como en lo relacionado a los aspectos -- funcionales.

De las normas existentes para este ensayo se ocupo la siguiente:

Norma 150/DIS 8490. De esta manera se obtuvieron las medidas dimensionales, materiales de construcción del material requerido, los planos y dibujos de este herramental se muestran en las laminas correspondientes, en las cuales se ha tratado de mostrar claramente las dimensiones, tolerancias, formas de ensamble y tipos de cuerdas, así como las escalas correspondientes.

Para observar el funcionamiento del dispositivo embutidor se realizaron algunas visitas en donde se creía se utilizaba este ensayo, siendo el -- lugar que más nos ilustra sobre nuestro objetivo, la fabrica de productos -- domesticos (refrigeradores, estufas, ect.). Mabe de México, cuyo dispositivo es muy similar en su funcionamiento aunque por su forma de evaluación es

más inexacto al dispositivo que se elaboró en nuestro trabajo, pues en este caso se utiliza la máquina Instron como parte del dispositivo y sus sensores con los que evalúan el ensayo, midiendo las variables con buena exactitud y veracidad en las lecturas.

PROCESO DE FABRICACION:

Una vez teniendo la información necesaria, se procedió a la fabricación del herramental necesario. Se partió de materiales en el almacén del taller mecánico de la facultad, por lo que tuvimos que adaptarnos a las restricciones que implica la carencia de materiales con características determinadas como son en el caso de los aceros el contenido de carbono, la dureza debido a el contenido de microaleantes como el cromo, que ocasionaba una tremenda dificultad para maquinarios. Se maquinaron desde tornillos, bases y placas que podemos detallar más claramente en los planos respectivos.

Gracias a la ayuda que nos otorgó el personal que esta encargado del almacén, el taller y el laboratorio del departamento de pruebas mecánicas de la facultad.

TRABAJO QUE SE REALIZO EN LA SEGUETA AUTOMATICA:

Una vez que se escogió los trozos de acero que nos podrían servir para fabricar nuestros utensilios se procedió a cortar el material con las seguetas existentes quedando bien claro que se requiere una seguenta de alta resistencia para cortar los aceros con que se contaban, ya que se trataba de aceros aleados con cromo generalmente por lo que resultaban ser muy duros, sabiendo lo anterior, se compró la seguenta que se requería para tipo "vallen" con lo que se dejó a los materiales con una aproximación más cercana a las medidas requeridas y con una mayor facilidad para maquinarse.

TRABAJO REALIZADO EN EL TORNO:

Teniendo las piezas de acero ya cortadas se seleccionarán de entre -- ellas a las que podría ser trabajadas en torno, como son los tornillos, ba-- ser circulares y accesorios de tipo circular. El desvaste se realizó de ma-- nera cuidadosa de tal manera que se tuviera una velocidad de corte adecuada para que no se acabará demasiado rápido el filo del buril y resultará el -- corte lo menos tardado posible, con la ayuda del Señor Rafael Paredes, se -- logro obtener estas condiciones.

TRABAJO REALIZADO EN EL CEPILLO:

El trabajo realizado en el cepillo se limito al maquinado de las pie-- zas que tenían caras planas en las que se maquinó hasta tener una buena --- aproximación en las medidas requeridas, dejando una tolerancia para maquinar se en otras máquinas como la fresadora, en donde se les daría las medidas-- lo más preciso posible.

TRABAJO REALIZADO EN LA FRESADORA:

En la fresadora se realizaron los desbastes que quedarón pendientes - y que provenían del cepillo y que de alguna manera requerían de un maquinado final. El desvaste que se realizó en la fresadora fué muy importante ya que se dejó con una precisión de 3 a 5 milésimas de pulgada.

TRATAMIENTO TERMICO QUE SE APLICO A LOS ACEROS EMPLEADOS:

A los tornillos de sujección superior e inferior, se les realizó un - templado de tal manera que debería de obtenerse una dureza de 57 R.C. Se templarón también los arillos que sirven de sujección a las laminas de prueba, - las características del templado realizado fuerón las siguientes:

Temperatura de templado: 800°C

Medio de enfriamiento: Agua fría (a temperatura ambiente)

En el transcurso que estuvo en el horno el conjunto de piezas se recubrió de arcilla para evitar se descarbonizarán.

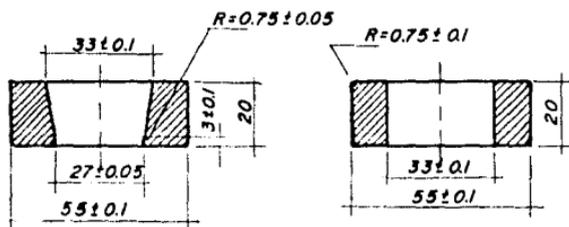
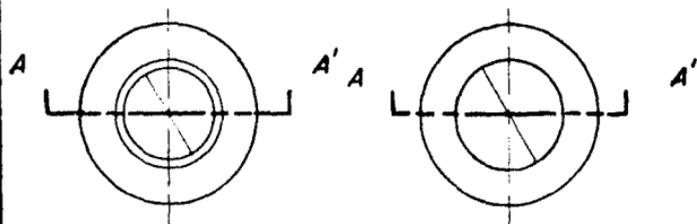
El conjunto restante de las piezas componentes del herramental "Embuidor" tenían una dureza tal que no requería de templado para que cumpliera con las características que establecía la norma, dicha norma es la ISO DIS - 8490, la dureza que tenían los materiales aún sin el templado se debe a que los materiales utilizados eran aceros aleados en donde el contenido de cromo era importante.

Los tornillos superior e inferior se fabricarán con acero 1045 convencional.

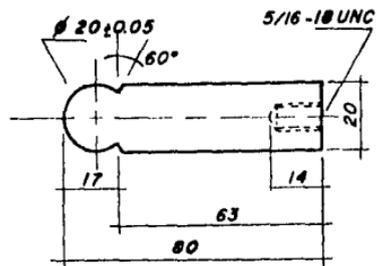
Las cavidades de los tornillos de sujeción se hicieron por medio de forja, dejando la forma de llave allen.

DIMENSIONES DEL EQUIPO DE ENSAYO
DE ACUERDO A LA NORMA ISO/DIS 8490.

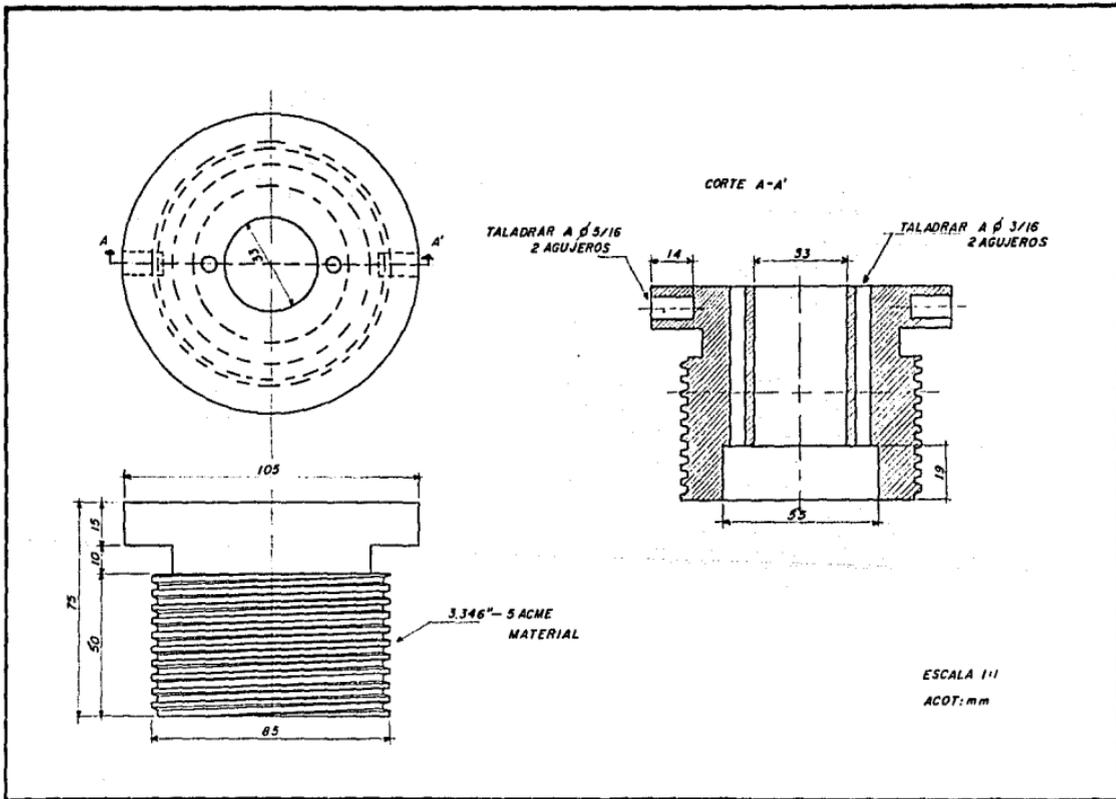
MATERIAL ACERO SAE 1045
TEMPLADO 57 Rc.

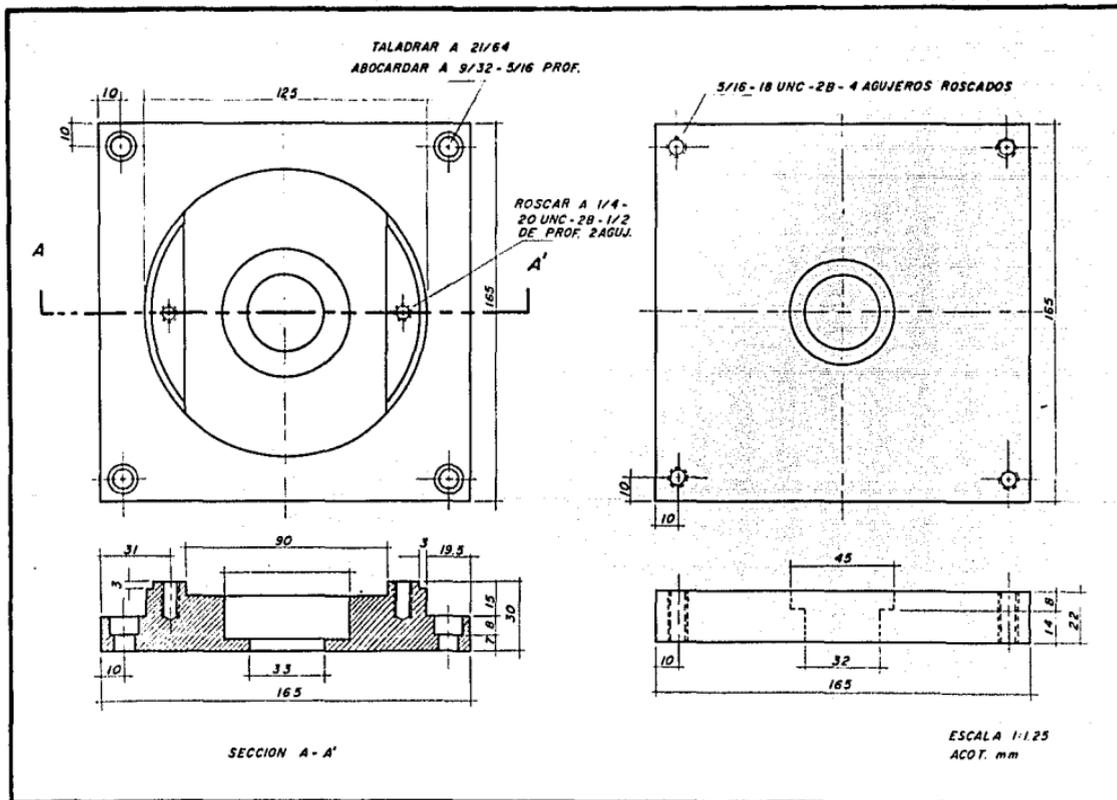


SECCION A-A'

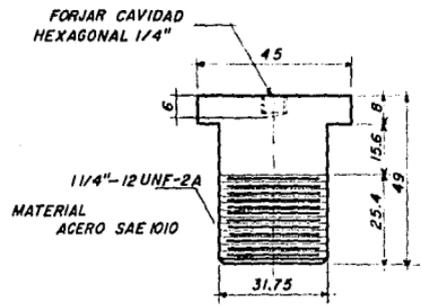
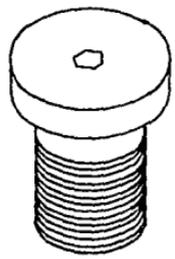


ESCALA 1:1.25
ACOT. mm

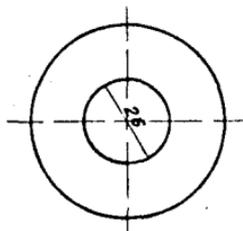
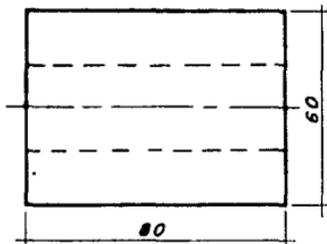




TORNILLO INFERIOR

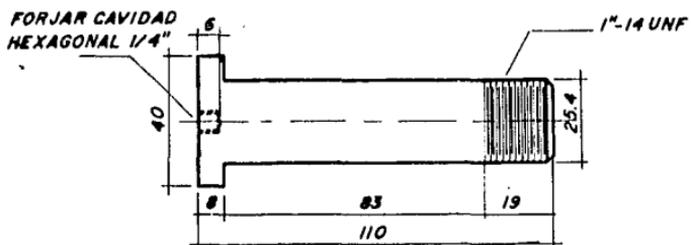


ESCALA 1:1
ACOT. mm



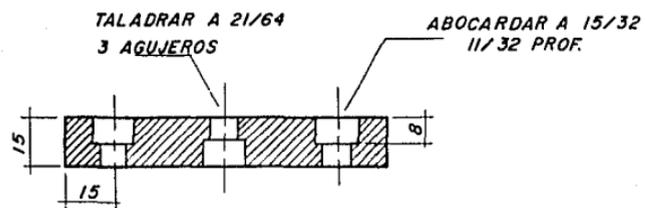
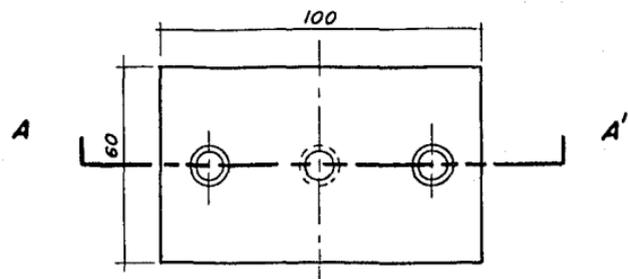
ESCALA 1:1.25
ACOT. mm

TORNILLO SUPERIOR



MATERIAL
ACERO SAE 1010

PLACA DE SUJECION SUPERIOR

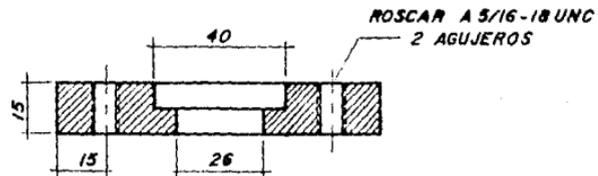
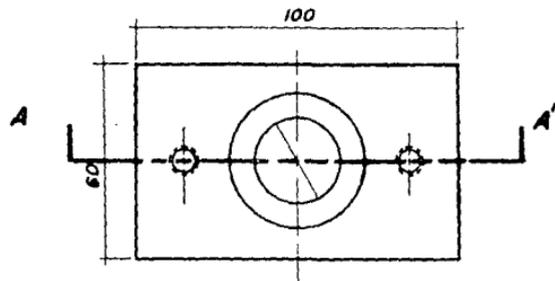


SECCION A-A'

ESCALA 1:1.25

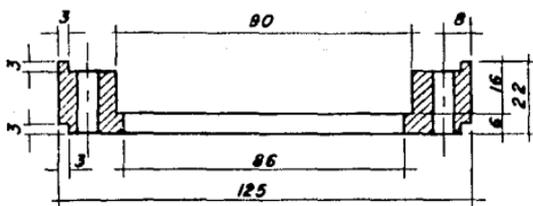
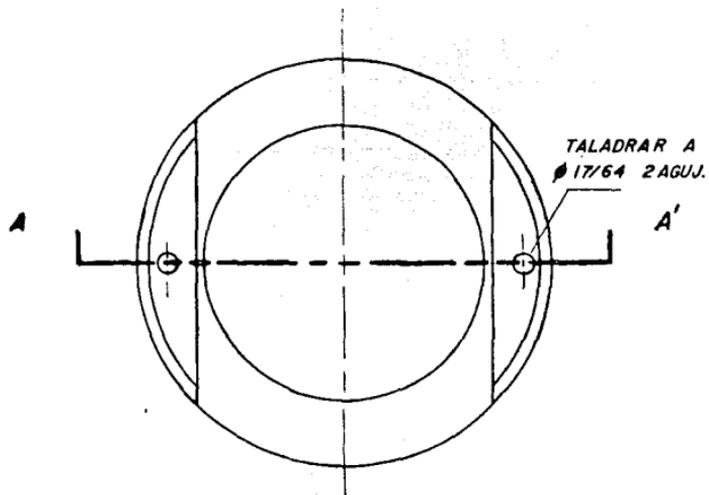
ACOT. mm

PLACA SOPORTE SUPERIOR

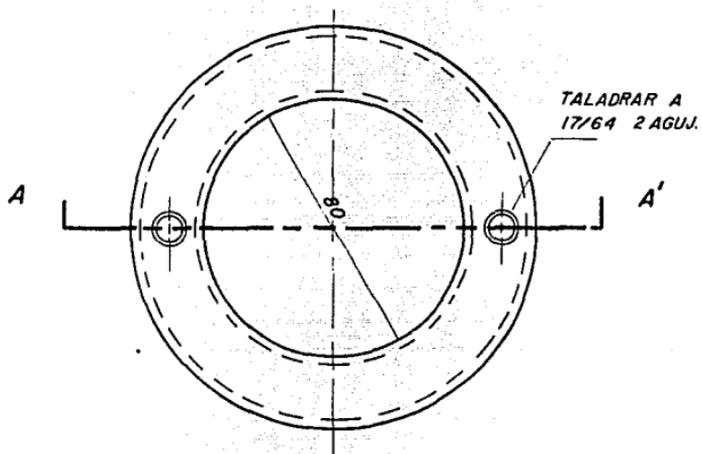


SECCION A - A'

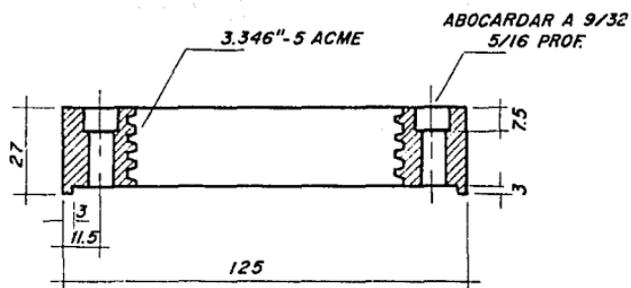
ESCALA 1:1.25
ACOT. mm



ESCALA 1:1.25
 ACOT. mm



SECCION A-A'



ESCALA 1:1.25
ACOT. mm

