

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



CARACTERIZACION MECANICA EN ALUMINIO,
ACERO Y LATON

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE
LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD
EN MATERIALES

QUE PRESENTA EL

ING. JESUS R. BENAVIDES ORTIZ

CD. UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 2000

TM

Z5853

.M2

FIME

2000

B4

c. 1

CARACTERIZACION MECANICA EN ALUMINIO.

ACERO Y LATON

JRBO



1020145915

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



CARACTERIZACION MECANICA EN ALUMINIO
ACERO Y LATON

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA
CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

QUE PRESENTA EL

ING. JESUS R. BENAVIDES ORTIZ

CD. UNIVERSITARIA

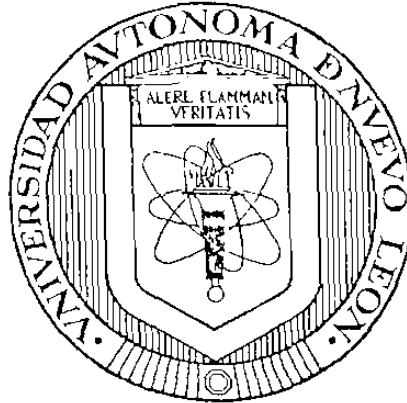
DICIEMBRE DE 2000

5



FONDO
T E S S

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



CARACTERIZACION MECANICA EN ALUMINIO, ACERO Y LATÓN

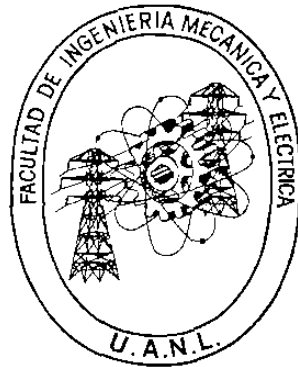
TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES**

QUE PRESENTA EL

ING. JESUS R. BENAVIDES ORTIZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



CARACTERIZACION MECANICA EN ALUMINIO, ACERO Y LATÓN

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES**

QUE PRESENTA EL

ING. JESUS R. BENAVIDES ORTIZ

CD.UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

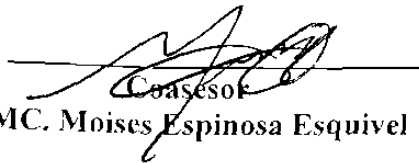
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "CARACTERIZACIÓN MECÁNICA EN ALUMINIO, ACERO Y LATÓN", realizada por el alumno Ing. Jesús R. Benavides Ortiz con número de matrícula 0027859 , sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Materiales.

El Comité de Tesis

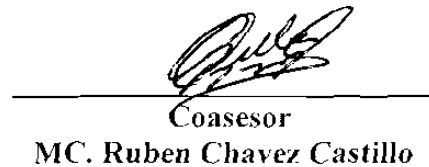


Asesor

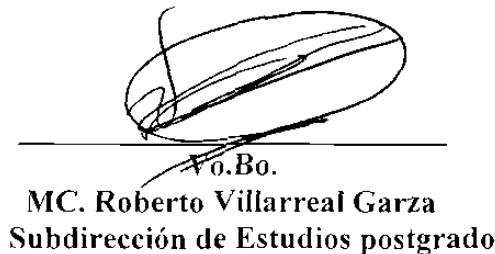
MC. Daniel Ramirez Villarreal



Coasesor
MC. Moises Espinosa Esquivel



Coasesor
MC. Ruben Chavez Castillo



Vo.Bo.
MC. Roberto Villarreal Garza
Subdirección de Estudios postgrado

Sn. Nicolas de los Garza, N.L. Diciembre de 2000

DEDICATORIA

Gracias....

A Dios por permitirme vivir cada día y aprender de mis semejantes y de la vida, las cosas positivas.

A mi padre Sr. Rodolfo Benavides Páez a quien agradezco el apoyo y precaución brindado en las buenas y en las malas para seguir adelante en este camino del saber.

A mi madre Sra. Ofelia Ortiz Sánchez (+) por darme su apoyo y comprensión desde mis primeros estudios, y que hoy culmino uno mas.

A mi esposa Gloria Treviño de Benavides por darme su apoyo, paciencia y comprensión en la realización de este trabajo.

A mis hijos Jesús Rodolfo y Cindy Belem, que este trabajo les pueda servir de ejemplo para que el camino de la sabiduría lleguen a desarrollarse como personas de bien.

A mis hermanos Rolando, José Luis, Blanca Nelly y Jaime.
Y familiares con cariño y respeto.

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Autónoma de Nuevo León a la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica a través de sus diferentes áreas académicas y de investigación que apoyaron en el desarrollo de esta tesis.

Al MC. José Antonio González Treviño secretario Académico de la universidad Autónoma de Nuevo León por su apoyo e interés en la realización de esta tesis como parte de mi superación académica como profesor de carrera de nuestra facultad.

Al MC. Castulo E. Vela Villarreal director de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por contar su apoyo e interés en el desarrollo de este estudio.

Al MC. Daniel Ramírez Villarreal por darme la oportunidad de experimentar en estos materiales de investigación y aportar este estudio al conocimiento de ellos. Por su disposición en asesoría y facilidades técnicas para el desarrollo de esta investigación.

MC. Moisés Espinoza Esquivel por su asesoría, apoyo e interés en la culminación de esta tesis.

Al MC. Rubén Chávez Castillo por su colaboración en la asesoría y revisión de este trabajo.

Al MC.. Felipe Fuentes Espinosa (+) e Ing. Lorenzo Vela Peña por creer en mi.

A mis amigos Maestros del H. Departamento de Mecánica de los Materiales que me apoyaron para la realización de este trabajo. Ing. Florencio Cuellar Salazar, MC. Francisco Javier Olvera Rodríguez., Ing. Mario Jaime Borjas García, Ing. Juan Antonio García Ruiz, Ing. Pedro Álvarez Reyna, MC. Cesar Gerardo Dimas Acevedo e Ing. Arnoldo Lozano Garza.

PROLOGO

La resistencia de materiales amplía el estudio de las fuerzas que se inició en mecánica, pero que existe una diferencia obvia entre ambas materias. El campo de la mecánica abarca fundamentalmente las relaciones entre las fuerzas que actúan sobre un sólido indeformable. La estática estudia los sólidos en equilibrio, mientras que la dinámica estudia los sólidos acelerados, aunque se puede establecerle el equilibrio dinámico mediante la introducción de las fuerzas de la inercia.

En contraste con la mecánica, la resistencia de los materiales estudia y establece las relaciones entre las cargas exteriores aplicadas y sus efectos en el interior de los sólidos. Además, no supone que los sólidos son idealmente indeformables, como en la primera, sino que las deformaciones, por pequeñas que sean, tienen gran interés. Las propiedades del material de que se construye una estructura o una máquina afectan tanto a su elección como a su diseño, ya que se debe satisfacer las condiciones de resistencia y de rigidez.

Es conocido de todos, que los materiales son parte esencial en la manufactura de los productos, bienes de capital e insumos, estos pueden ser metales, cerámicas, polímeros, o compuestos.

Pero es hasta no hace mucho tiempo que la humanidad se ha dado cuenta que le es necesario conocer a la mayor exactitud las propiedades de los materiales como son las mecánicas, físicas, eléctricas, electrónicas, químicas y fisionables como parte del conocimiento de ellos.

No se puede utilizar el mismo material para la construcción de una pieza automotriz que para fabricar un producto doméstico. Ya que requiere ambas partes, de propiedades y características distintas para su función.

En muchos productos es común que se hallen sobrediseñados debido a la escasa atención en las propiedades de los materiales lo cual ocasionan elevación de costos en producción.

En los materiales a fabricar es regla común realizar muestras de caracterización mecánica para cuantificar sus propiedades y compararlas con las referencias mínimas, que debe cumplir para una buena calidad del mismo.

Es aquí donde la ciencia de la mecánica de materiales se requiere para una mejor comprensión del uso y aplicación de las propiedades en ingeniería.

INDICE

PAG.

SÍNTESIS.....	1
CAPITULO 1 INTRODUCCION	2
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVO DE LA TESIS	2
1.3 JUSTIFICACION DE LA TESIS	2
1.4 LIMITES DEL ESTUDIO	2
1.5 METODOLOGIA	3
1.6 REVISION BIBLIOGRAFICA	3
CAPITULO 2 PROPIEDADES MECANICAS A TENSION	4
2.1 INTRODUCCION	4
2.2 ZONAS EN LA GRAFICA ESFUERZO Y DEFORMACION	7
2.3 PROPIEDADES MECANICAS EN LA ZONA ELASTICA	9
2.3.1. METODOS DE OBTENCION DE LA RESISTENCIA A LA CEDENCIA.....	10
2.3.2. RIGIDEZ	10
2.3.3. RESILIENCIA	12
2.4 PROPIEDADES MECANICAS EN LA ZONA PLASTICA	14
2.4.1. RESISTENCIA PLASTICA	14
2.4.2. DUCTILIDAD	16
2.4.3. TENACIDAD	17

	PAG.
CAPITULO 3 PROPIEDADES DE ESFUERZO – DE- FORMACIÓN VERDADEROS EN TENSIÓN SIMPLE.....	20
3.1 INTRODUCCION	20
3.2 ESFUERZO Y DEFORMACIÓN VERDADERA	20
3.2.1. REDUCCIÓN DE AREA VERDADERA	22
3.3 ESFUERZO VERDADERO EN FUNCION DE LA DEFORMACIÓN NOMINAL O INGENIERIL. ()	22
3.4 RELACION ENTRE EL ESFUERZO VERDADERO Y LA REDUCCIÓN DE AREA ..	24
 CAPITULO 4 PROPIEDADES ESFUERZO DEFORMA- CIÓN ESTATICAS A CORTE	 30
4.1 PROPIEDADES OBTENIDAS EN CORTE DIRECTO	30
4.2 PROPIEDADES DE CORTE ESTATICO USANDO ESPECIMENES CICULARES SOLIDOS A TORSIÓN	32
4.2.1. INTRODUCCIÓN	32
4.2.2. RESISTENCIA AL CORTE ELÁSTICO	32
4.2.3. RIGIDEZ	34
4.2.4. RESILIENCIA	35
4.3 RESISTENCIA AL CORTE PLASTICO	36
4.4 DUCTILIDAD	36
4.5 TENACIDAD	37
 CAPITULO 5 PRUEBAS MECANICAS EN ACERO ESTRUCTURAL , LATON Y ALUMINIO ...	 38
5.1 ENSAYOS ESTATICOS DE TENSIÓN	38
5.2 ENSAYOS ESTATICO DE COMPRESIÓN	75

5.3 ENSAYO ESTATICO DE CORTE 106

CAPITULO 6 RESULTADOS 107

**6.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE
TENSIÓN 107**

**6.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS
DE COMPRESIÓN 112**

**6.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE
CORTE 117**

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 119

BIBLIOGRAFÍA..... 121

LISTADO DE FIGURAS Y GRAFICOS..... 122

GLOSARIO..... 124

AUTOBIOGRAFÍA 125

SÍNTESIS

Esta tesis tiene por objeto presentar las propiedades mecánicas de los materiales empleados en el laboratorio de mecánica de materiales para prácticas realizadas en nuestra facultad y de las cuales no existe un antecedente del comportamiento mecánico de los mismos.

En esta tesis se analizó el comportamiento de los materiales a estudiar para tener una mejor comprensión de ellos, en cuanto a sus propiedades mecánicas.

Se aplicaron los conceptos de la relación esfuerzo – deformación verdaderos, los cuales fueron comparados con respecto a la relación de esfuerzo y deformación ingenieril para establecer la diferencias entre los valores obtenidos verdaderos y los ingenieriles.

En este estudio se siguió una metodología científica para su realización, en la cual se inicio con la preparación de las muestras, se realizó los ensayos correspondientes para cada caso y se registró las lecturas de carga y deformación en bitácoras diseñadas para cada una de las pruebas mecánicas.

Se estudio los conceptos de la constante de resistencia mecánica y de exponente de endurecimiento por deformación.

Posteriormente se realizó el calculo de las propiedades mecánicas según las recomendaciones de la ASTM, para su valoración, luego se procedió al análisis de los resultados para concluir su comportamiento mecánico.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- Descripción del problema.

En este estudio se planteará el cálculo y obtención de las propiedades mecánicas en los materiales aluminio, acero estructural y latón. Los cuales forman parte de las probetas usadas en el laboratorio de mecánica de materiales desarrollándose los gráficos de comportamiento.

1.2.- Objetivo de la tesis.

El objetivo de este estudio es determinar las propiedades mecánicas de los materiales: Aluminio, acero estructural y latón. a través de los ensayos estáticos de tensión, compresión y corte Directo.

1.3.- Justificación de la tesis.

Este estudio se realizó debido a que estos materiales usados en los laboratorios de mecánica de materiales *no existe un antecedente de comportamiento mecánico* con el cual comparar los resultados que se obtienen cada semestre.

1.4.- Límites del estudio.

Este estudio tiene sus límites en calcular las propiedades mecánicas de los materiales a considerar. el aspecto metalográfico y químico pertenece a otro laboratorio que se imparte en el área de materiales.

1.5. Metodología

Para este estudio se hará la siguiente metodología

Preparación de la muestra

Procedimiento de prueba según ASTM E-8

Ensayos mecánicos de técnicos, comparación, corte.

- Registro de valores de carga y deformación
- Cálculo de propiedades mecánicas.

1.6. Revisión Bibliográfica

Los estudios existentes para el cálculo y obtención de estas propiedades mecánicas para estos materiales es extenso y sus calificaciones son presentadas en diferentes equivalencias de Normas como la ASM, ASTM, DIM, etc.

Las características mecánicas mínimas serán obtenidas al consultar esta bibliografía y obtener una conclusión al compararlas con las encontradas en el trabajo realizado.

CAPITULO 2

PROPIEDADES MECANICAS A TENSION

2.1 INTRODUCCIÓN

La relación esfuerzo - deformación puede ser de la siguiente forma:

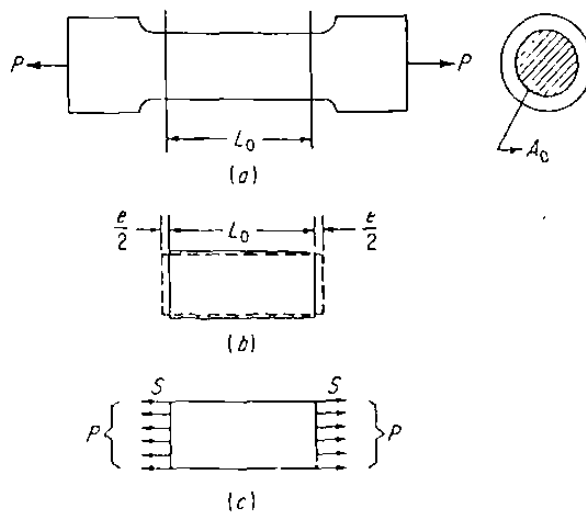


Figura 2.1 Distribución uniforme del esfuerzo axial

$e \rightarrow$ La deformación medida por un STRAIN-GAGES de deformación para una longitud de calibración L_c .

$S \rightarrow$ Esfuerzo Axial ó Simple: es la fuerza interna por la unidad de area A_c .

$$S = \frac{P}{A} = \frac{Lb}{\text{in}} \text{ o } \frac{N}{\text{mm}^2} = \text{Pa}$$

El esfuerzo uniforme producirá una elongación e uniforme. Esto se presenta si las propiedades resistentes son uniformes.

- La deformación unitaria será; (ϵ)

$$\epsilon = \frac{e}{L} = \frac{\text{in}}{\text{in}}, \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \quad \text{Ec2.2}$$

Con el esfuerzo S y la deformación ϵ se puede trazar el diagrama esfuerzo – deformación. como se muestra en la figura 2.2

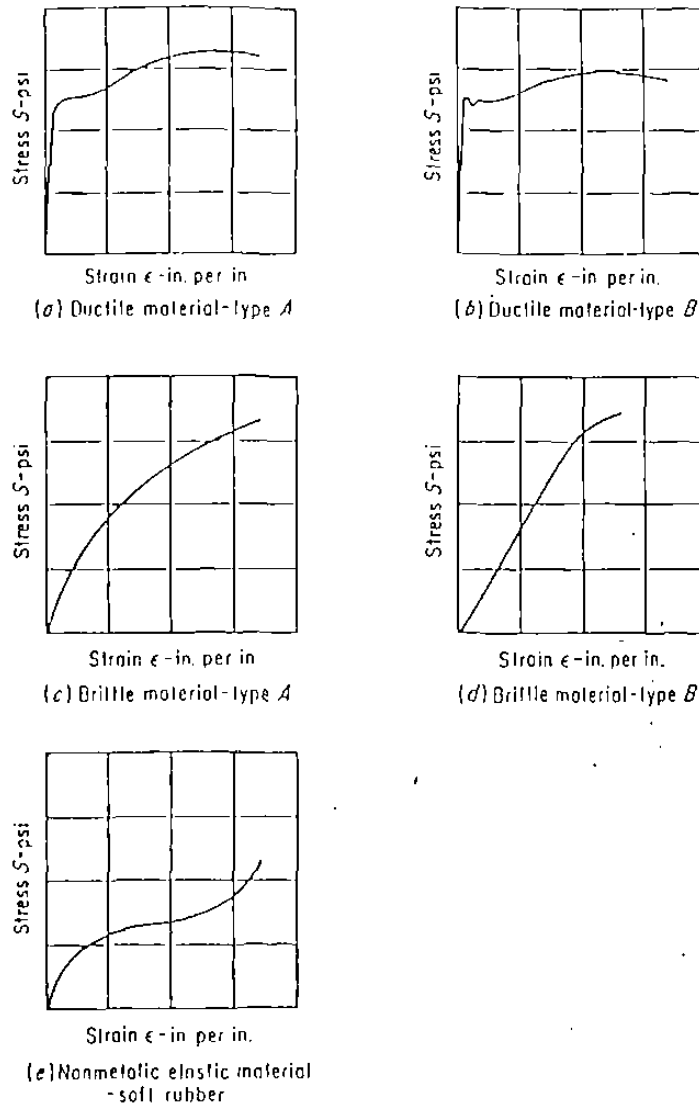


Fig. 2.2 Diagramas típicos esfuerzo - deformación

Al esfuerzo S y deformación ϵ son llamados nominales. Debido a que se considera la longitud de calibración inicial (" L_0 ") y el área inicial. (" A_0 ")

También se le conoce como relación de esfuerzo – deformación ingenieril
 - Ley de Hooke (1678)

$$S \propto \epsilon$$

Ec.2.3

$$S = E\epsilon$$

$$E = \frac{S}{\epsilon}$$

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

$$\epsilon = \frac{e}{L_0}$$

Modulo de Elasticidad o de Young.

$$E = \frac{P/A_0}{e/L_0} = \frac{PL_0}{eA_0} \quad (\text{Lb/in}^2, \text{Mpa}, \text{Kg/cm}^2)$$

Ec.2.4

2.2 ZONAS EN LA GRÁFICA ESFUERZO – DEFORMACIÓN.

- Rangos elásticos y plásticos en el diagrama esfuerzo – deformación. Como se muestra en la figura 2.3

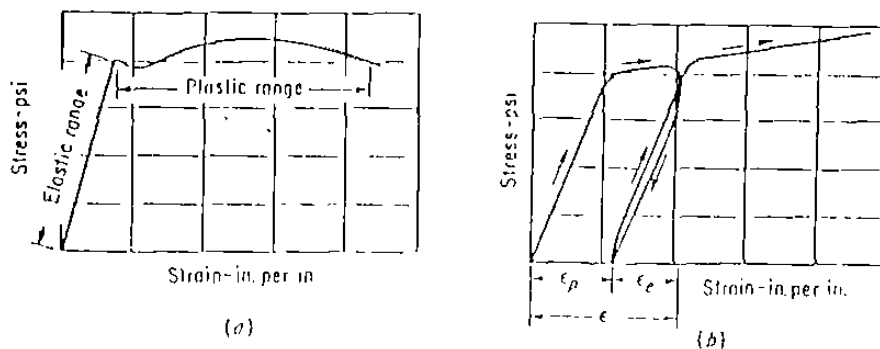


Figura 2.3 Zonas dentro de la gráfica esfuerzo – deformación.

En la zona plástica se tiene que si se remueve la carga la deformación plástica permanece (ϵ_p) Como se muestra en la figura 2.4

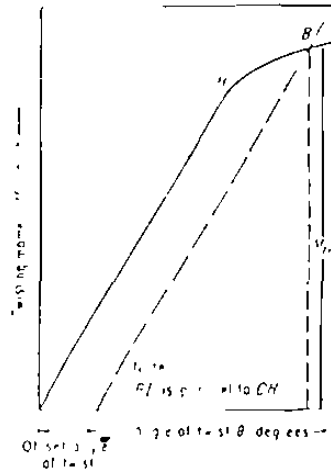


Figura 2.4 Deformaciones plásticas después de descargar el espécimen.

Por lo que la deformación resultante será.

$$\epsilon = \epsilon_p + \epsilon_c \quad \text{Ec.2.5}$$

Si el comportamiento elástico es lineal al remover la carga.

La deformación elástica recuperada será $\epsilon_c = \frac{S}{E}$ y la deformación resultante:

$$\epsilon = \frac{S}{E} + \epsilon_p \quad \text{Ec.2.6}$$

Si el espécimen es recargado, la relación esfuerzo – deformación coincide con la descarga anterior

2.3: PROPIEDADES MECANICAS EN LA ZONA ELÁSTICA.

Resistencia elástica es medida por el esfuerzo entre el rango elástico y plástico, como se muestra en la figura 2.5 a) y b).

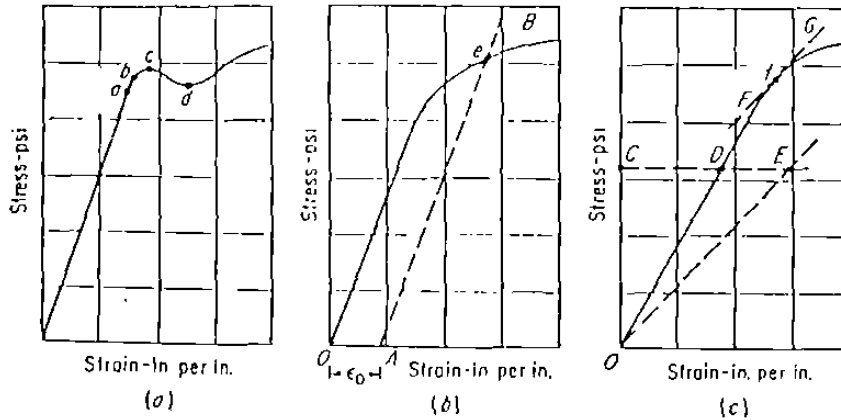


Fig. 2.5 Puntos de resistencia elástica en gráfica esfuerzo – deformación

- **LIMITE PROPORCIONAL:** es el máximo esfuerzo que puede desarrollar el material para una última deformación elástica, por lo que el esfuerzo y deformación son proporcionales hasta ese punto. Como se observa en la figura 2.5 a) el punto es el a.
- **LIMITE ELÁSTICO:** Es denotado por b en la figura 2.5 a). es el máximo esfuerzo que puede desarrollar el material sin que presente una deformación permanente, es difícil detectarlo. Y es llamado valor de resistencia ideal.
- En la figura 2.5.a) se observa el punto c) y se le llama punto de cedencia superior y al punto d) punto de cedencia inferior.

2.3.1. METODOS DE OBTENCION DE LA RESISTENCIA A LA CEDENCIA.

En la figura 2.5 b) se tiene el método OFFSET al desplazar la pendiente un valor ϵ_0 y al intersectar con la curva encontramos el punto e llamándose esfuerzo de cedencia.

El método OFFSET recomendado por la ASTM, consiste en trazar una paralela a la pendiente de la gráfica a partir de un valor de deformación entre 0.001, 0.002, 0.003, 0.005

Otro método es el de Johnson. Límite elástico aparente en el cual consiste en trazar una línea CD hacia la recta de la gráfica desde el eje de esfuerzos, luego se obtiene $DE = 0.5 CD$ y se continúa la línea con ese valor, para después trazar una pendiente OE.

Enseguida se traza una tangente (FG) a la gráfica, la cual debe ser paralela a la pendiente OE. Definiendo por último al punto f como el esfuerzo de cedencia, este método es poco usual.

2.3.2. RIGIDEZ

Es el esfuerzo dado en el material para una deformación considerada.

Representada por el módulo de elasticidad (E) cuanto mayor sea esta constante elástica mayor será la rigidez en la mayoría de los materiales. Esto se puede ver en la figura 2.6

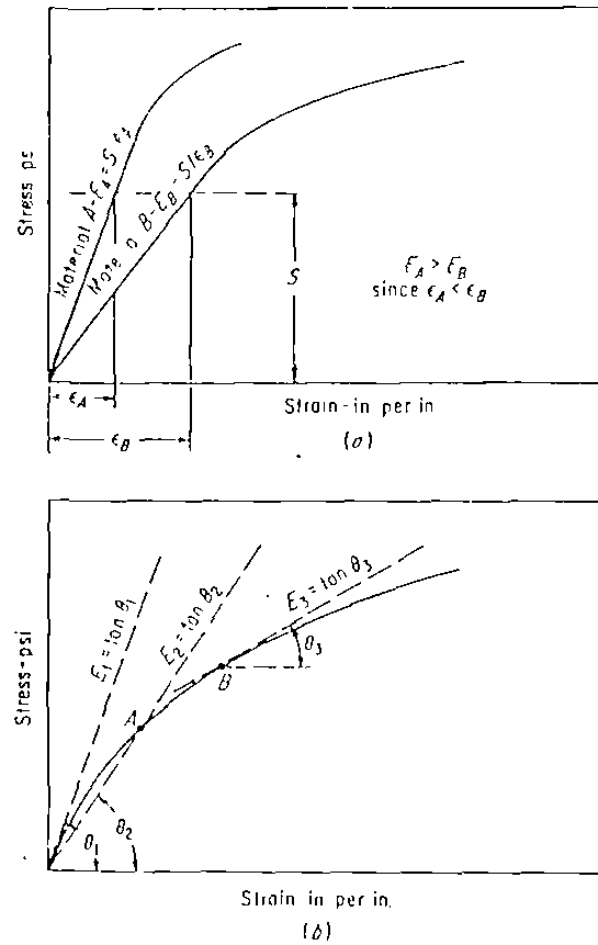


Fig 2.6 Métodos para obtener el módulo elástico.

Los métodos para encontrar la rigidez en función del módulo elástico son:

- 1.-Metodo del módulo tangencial inicial ver figura 2.6 a).
- 2.-Metodo de la secante, ver figura 2.6 b)
- 3.-Metodo de la Tangente para un punto B.

- Razón de Poisson Es la razón de la deformación transversal $\underline{\epsilon}^t$ a la deformación longitudinal o axial $\underline{\epsilon}^a$.

$$M = \frac{-\epsilon^t}{\epsilon^a}$$

Ec.2.7

- La razón de Poisson es una medida de la rigidez del material en dirección a 90° de la dirección uniaxial

Algunos materiales tienen un valor entre 0.25 y 0.35, para cauchos es de 0.45 aproximadamente. El concreto de 1/6 a 1/5

2.3.3. RESILIENCIA:

Es la propiedad que tiene el material de absorber energía hasta el límite proporcional.

Se obtiene como:

$$M_p = \frac{S_p \varepsilon_p}{2}, \quad S_p = \varepsilon_p E \quad \text{Esfuerzo en el límite proporcional}$$

$$\varepsilon_p = \frac{S_p}{E} \quad \text{Deformación en el límite proporcional}$$

$$M_p = \frac{S_p}{2} \left(\frac{S_p}{E} \right)$$

$$M_p = \frac{S_p^2}{2E} \quad \frac{\text{lb-in}^2}{\text{in}^3} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{kg-cm}^2}{\text{cm}^3} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{N-m}}{\text{m}^3} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Al esforzar el elemento desde el punto p a p', el trabajo hecho es: S de por lo que el trabajo hecho en esforzar al espécimen hasta el límite proporcional es:

$$M_p = \int_0^{\varepsilon_p} S d\varepsilon = \int_0^{\varepsilon_p} E \varepsilon d\varepsilon = E \left. \frac{\varepsilon^2}{2} \right|_0^{\varepsilon_p}$$

$$M_p = E \frac{\varepsilon_p^2}{2}$$

$$\text{Si } S_p = E \varepsilon_p \quad \varepsilon_p = \frac{S_p}{E}$$

$$M_p = \frac{E}{2} \left(\frac{S_p}{E} \right)^2 = \frac{E S_p^2}{2 E^2}$$

$$M_p = \frac{S_p^2}{2E} \quad \frac{\text{Lb-in}^2}{\text{in}^3} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{N-mm}^2}{\text{mm}^3} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{Kg-Cm}^2}{\text{cm}^3} \quad \text{Ec. 2.9}$$

También la resiliencia representa por lo tanto el área bajo la pendiente esfuerzo – deformación como se muestra en la figura 2.7

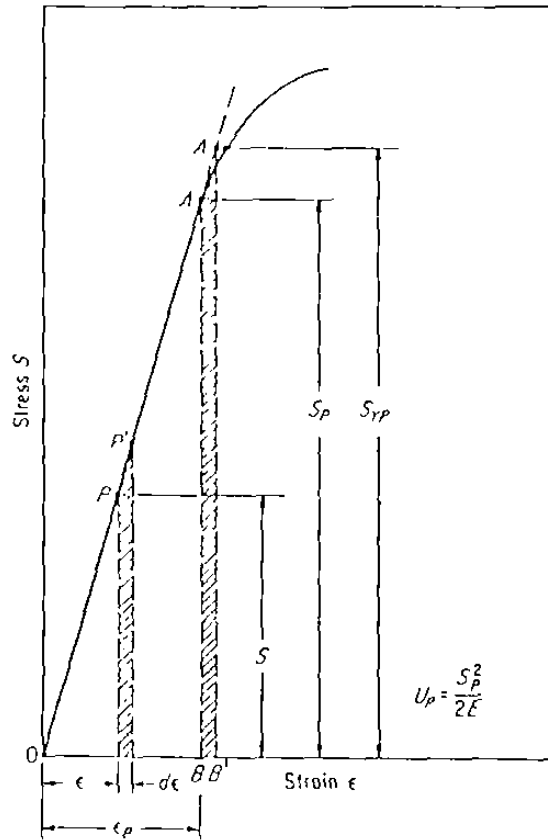


Figura 2.7 Obtención de la resiliencia

Debido a la dificultad de encontrar el S_p se puede considerar el valor de esfuerzo a la cedencia

$$M_y = \frac{S_y^2 \rho}{E} \quad \text{Ec.2.9}$$

Se puede calcular el error haciendo

$$\text{Error} = \frac{M_y - M_p}{M_p} \times 100$$

2.4. PROPIEDADES MECANICAS EN LA ZONA PLASTICA.

- Resistencia plástica
- Ductilidad
- Tenacidad

2.4.1. Resistencia plástica, es el máximo esfuerzo que puede desarrollar el material antes de iniciar su deformación permanente. Se define como:

$$S_{\mu} = \frac{P_{\max}}{A_0} \quad \text{Ec.2.10}$$

- Se le llama resistencia última o máxima (S_{μ}) está representada por el punto g en la figura. 2.8.

- El esfuerzo máximo desarrollado en el material para llegar al punto de ruptura h se le conoce como resistencia a la fractura S_f como se muestra en la figura 2.8.

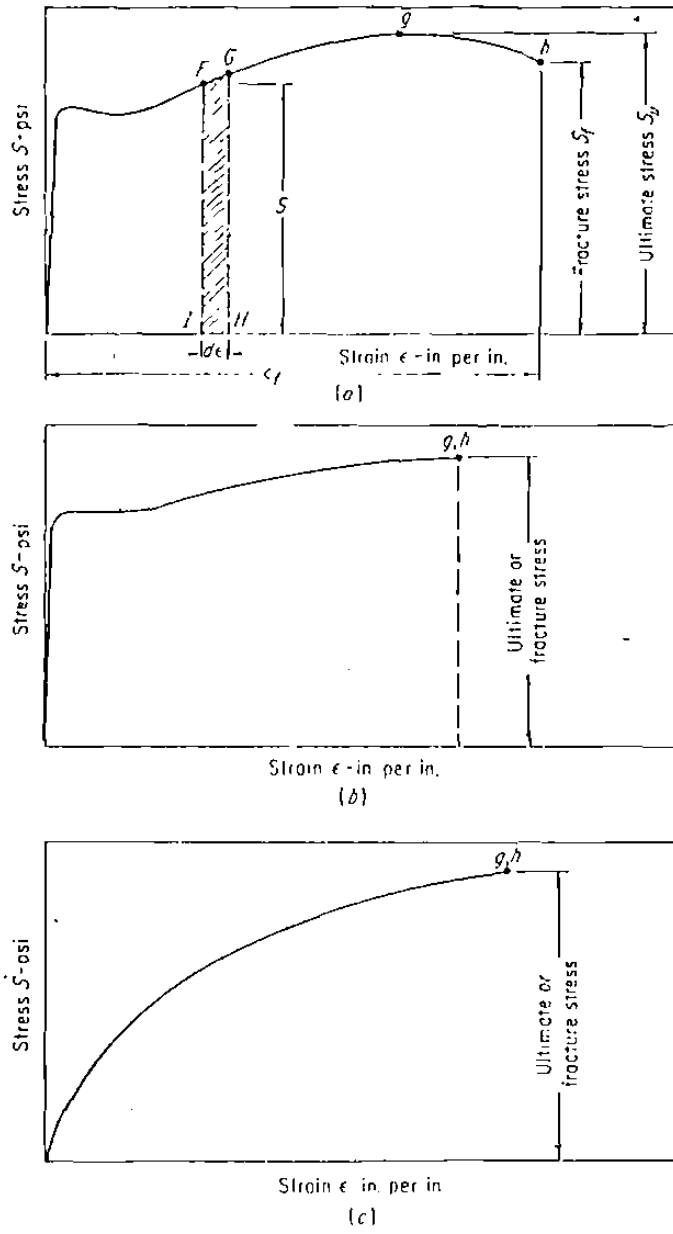


Fig. 2.8 Propiedades en la zona plástica.

2.4.2. Ductilidad: Es la propiedad que tiene el material de presentar su habilidad para deformarse en la zona plástica

Se mide a través de.

+ un ensayo de tensión por

$$\bullet \% \text{ Elongación} = De = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad \text{Ec.2.11}$$

$$\bullet \% \text{ Reducción de área} = Da = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100 \quad \text{Ec.2.12}$$

Para estas características se considera la longitud de calibración en el espécimen.

Las deformaciones son pequeñas en la zona elástica y después de cedencia son grandes y son iguales aproximadamente, a través de la longitud de calibración y cuando se llega a la carga máxima una mayor parte de la deformación se concentra en el inicio de la extricción o reducción de área. Como se ve en la figura 2.9.

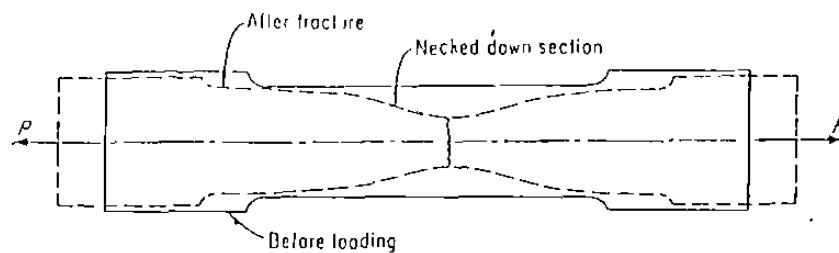


Figura 2.9 Especimen antes y después de la fractura.

Por lo que el porcentaje es la deformación a la fractura dividido entre la longitud de calibración.

Entre mayor sea la longitud de calibración menor será el por ciento de elongación.

2.4.3. Tenacidad: es la propiedad que tienen los materiales de absorber energía hasta el punto de ruptura.

Para determinar el módulo de tenacidad la energía de deformación absorbida va desde E a G en la figura 2.8

$$\mu = \int_0^{\epsilon_f} S \, d\epsilon$$

Por lo que $S \, d\epsilon$ representa el área $FGHI$ en la figura. 2.8 y se puede medir con un planimetro.

Modos de calcular la tenacidad.

- Tenacidad "índice numerico"

$$T_o = S_{\mu} \epsilon_f \quad \text{Ec.2.13}$$

- Tenacidad considerando el valor promedio: entre cedencia y esfuerzo máximo.

$$T_o = \left[\frac{S_{\mu} + S_u}{2} \right] \epsilon_f \quad \text{Ec. 2.14}$$

- Tenacidad para materiales frágiles

$$T_o = \frac{2}{3} S_{\mu} \epsilon_f \quad \text{EC. 2.15}$$

Unidades son $\frac{N \cdot m}{m^3}$, $\frac{lb \cdot in}{in^3}$, $\frac{Kg \cdot cm}{cm^3}$

Unidades son $\frac{N}{m^2}$, $\frac{lb}{in^2}$, $\frac{Kg}{cm^2}$

Un resumen gráfico de las propiedades en tensión, se muestra en la figura 2.10 y en la Figura 2.11 Se muestra diferentes materiales y sus gráficas esfuerzo-deformación

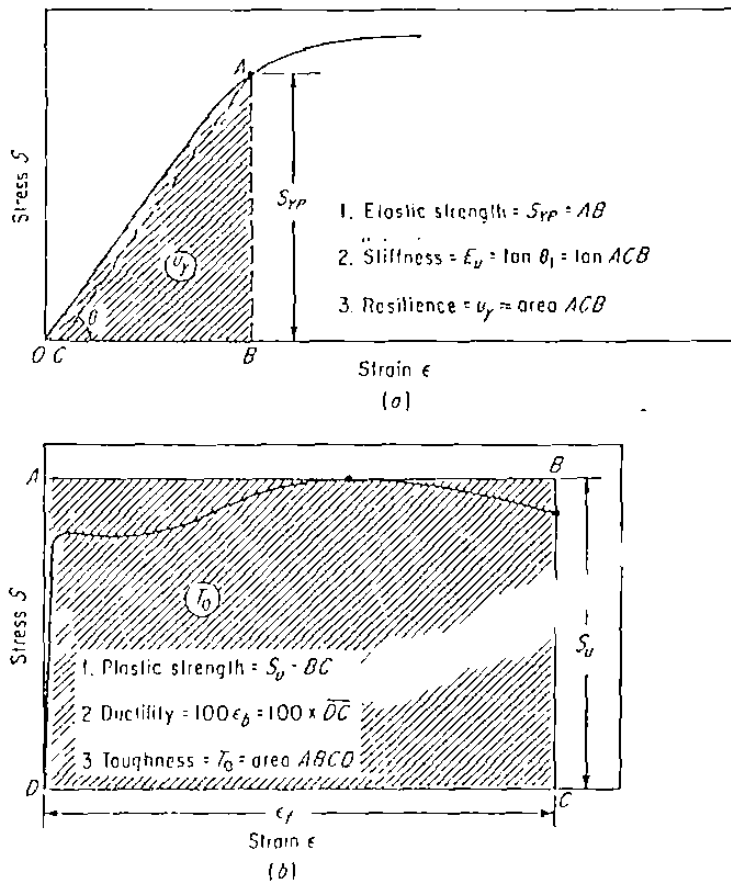


Fig. 2.10 Resumen de propiedades mecánicas elásticas y plásticas.

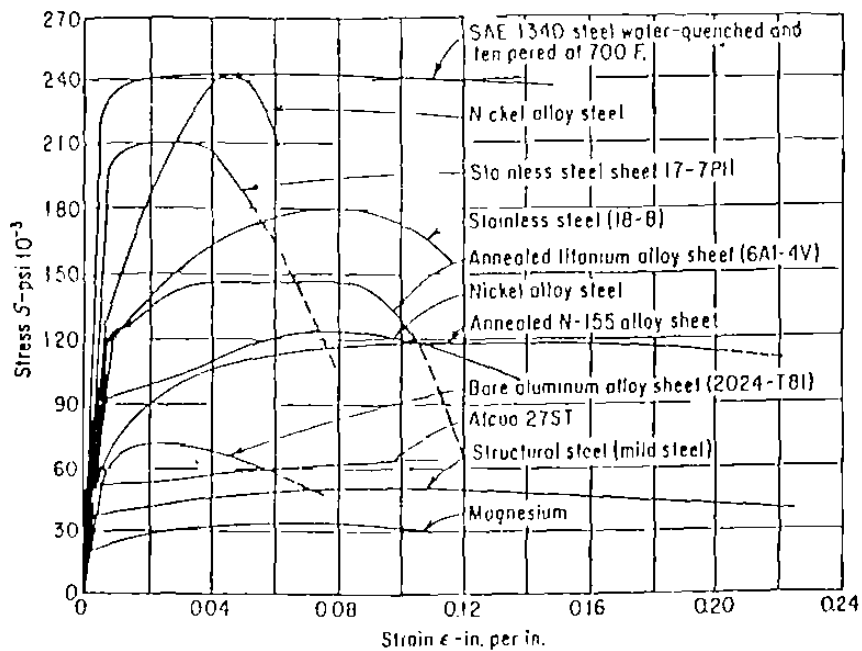


Fig. 2.11 Gráficos esfuerzo – deformación ingenieril para algunos materiales.

CAPITULO 3

PROPIEDADES DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN VERDADEROS EN TENSION SIMPLE

3.1 INTRODUCCIÓN

Las propiedades mecánicas en la región elástica se mantienen casi iguales al considerar el esfuerzo y deformación verdaderos.

En la región plástica es donde se denota la diferencia entre el esfuerzo – deformación verdadero y el esfuerzo - deformación ingenieril.

3.2 ESFUERZO Y DEFORMACION VERDADERO.

- Esfuerzo verdadero es aquel en el que se considera él área actual en cada instante (A).

$$s^l = \frac{p}{A}$$

Ec. 3.1

A → representa él área medida a cada lectura de carga.

Deformación verdadera es cuando la longitud de calibración varía con la aplicación de la carga

$$\delta = \int_{L_0}^{L_1} \frac{dL_i}{L_i} = [\ln L_i]_{L_0}^{L_1}$$

$$\delta = \ln \left(\frac{L}{L_0} \right) \text{ deformación verdadera} \quad \text{Ec.3.2}$$

Donde $L \rightarrow$ longitud verdadera de deformación

$\Delta L_0 \rightarrow$ Cambio de longitud de Calibración.

$$L = L_0 + \Delta L_0$$

$$\delta = \ln \left(\frac{L}{L_0} \right) = \ln \left(\frac{L_0 + \Delta L_0}{L_0} \right)$$

$$\delta = \ln (1 + \epsilon) \quad \text{Ec.3.3}$$

$\delta \rightarrow$ Deformación Verdadera Unitaria $\frac{\text{in}}{\text{in}}, \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$

Estas ecuaciones fueron propuestas por Ludwik en 1909 en Alemania.

3.2.1. REDUCCIÓN DE ÁREA VERDADERA.

Fue Mac. Gregor a mediados de 1800 cuando desarrollo su teoría.

$$q^1 = - \int_{A_0}^A \frac{dA_i}{A_i} = - [\ln A]_{A_0}^A = - \ln \left[\frac{A}{A_0} \right]$$

$$q^1 = \ln \left[\frac{A}{A_0} \right] \quad \begin{array}{l} \text{Reducción} \\ \text{en Área} \end{array} \quad \text{Ec.3.4}$$

donde. $A \rightarrow$ Área reducida para cada valor de carga aplicada en ese instante.

$A_0 \rightarrow$ Área inicial o calibración.

$q^1 \rightarrow$ Reducción del área verdadera

3.3 - ESFUERZO VERDADERO EN FUNCION DE LA DEFORMACION NOMINAL O INGIENERIL (ϵ).

Considerando como hipótesis que en el rango plástico el volumen permanece aproximadamente constante, en el rango elástico se podría despreciar el cambio pequeño en volumen.

Por lo que:

$$A_0 L_0 = A L$$

$$\frac{L}{L_0} = \frac{A_0}{A} \quad \text{Ec.3.5}$$

Sustituyendo $\frac{L}{L_0} = \frac{A_0}{A}$ en la ecuación. :

$$\delta = \ln \frac{L}{L_0} = \ln \frac{A_0}{A}$$

$$\delta = \ln(1 + \epsilon)$$

$$\ln \frac{A}{A_0} = \ln(1 + \epsilon)$$

$$\frac{A}{A_0} = (1 + \epsilon)$$

$$A = \frac{A_0}{(1 + \epsilon)}$$

Area Verdadera
Para Cada Aplicación
De Carga.

Sustituyendo A en la Ec.3.1

$$A = \frac{A_0}{(1 + \epsilon)}$$

$$S = \frac{P}{A_0} \rightarrow \text{esfuerzo nominal o ingenieril}$$

$$S' = S(1 + \epsilon) \quad \text{esfuerzo verdadero}$$

Ec.3.6

3.4 – RELACION ENTRE EL ESFUERZO VERDADERO Y LA REDUCCION DE AREA.

$$\delta = \ln \left(\frac{A_0}{A} \right)$$

Métodos de prueba para obtener diagramas de Esfuerzo – Deformación verdaderos.

Para definir propiedades mecánicas en la región plástica se tienen tres métodos.

1.-Metodo usando dimensiones lateral.

Se emplea para especímenes de sección circular.

El procedimiento de prueba consiste.

Registrar diámetros del espécimen para varias cargas desde el inicio de cedencia hasta fractura. A través de un micrómetro u otro tipo de medidor.

Se debe localizar el área más pequeña al mover el medidor a través de la longitud de calibración.

Para realizar el cálculo del esfuerzo y deformación verdaderos se tiene que aplicar las ecuaciones:

$$S' = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d^2} \quad \text{Ec.3.7}$$

$$\delta = \ln \left(\frac{A_0}{A} \right) = \ln \left(\frac{d_0^2}{d^2} \right) \quad \text{Ec.3.8}$$

$$\delta = 2 \ln \left(\frac{d_0}{d} \right) \quad \text{Ec.3.9}$$

Una vez calculado los esfuerzos y deformaciones verdaderos hasta fractura, se realiza la grafica como se muestra en la figura 3.1

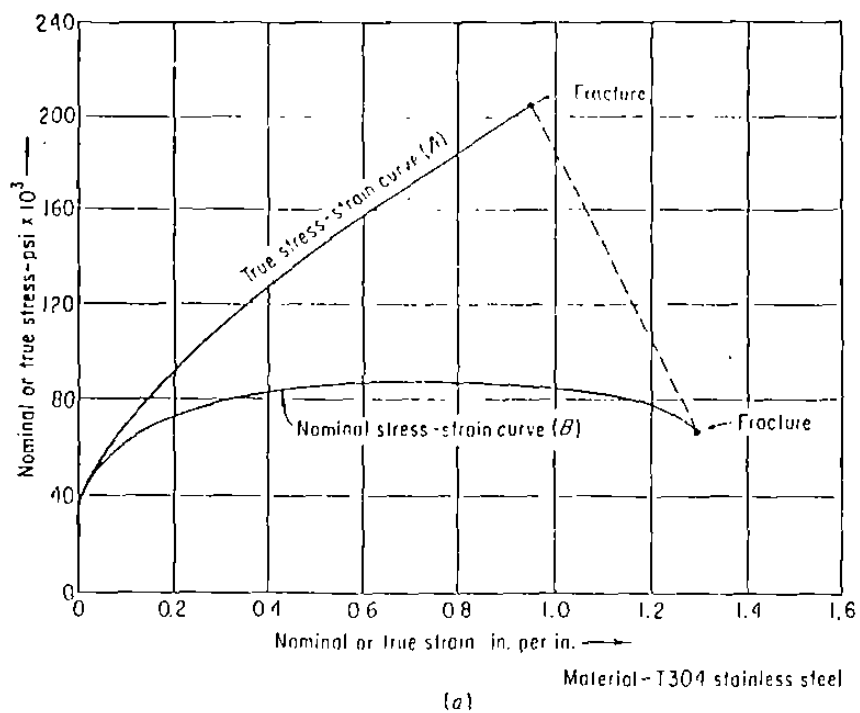


Fig. 3.1 Curva Esfuerzo- Deformación basada en mediciones de diámetro

2.- Metodo usando la deformación axial.

El metodo consiste en medir la deformación a traves de un extensómetro, la deformación nominal (ϵ) puede ser encontrada con los valores de deformación axial y con las siguientes ecuaciones, calcular el esfuerzo y deformación verdaderos:

$$S' = S (1 + \epsilon)$$

$$\delta = \ln (1 + \epsilon).$$

Antes de alcanzar la carga máxima la deformación es casi uniforme en la longitud de calibración.

Al iniciar la estricción en una zona de la longitud, la deformación empieza a ser mayor que en otras áreas, esto significa que la longitud de calibración seleccionada influirá en el valor de la deformación determinada como se muestra en la figura 3.2

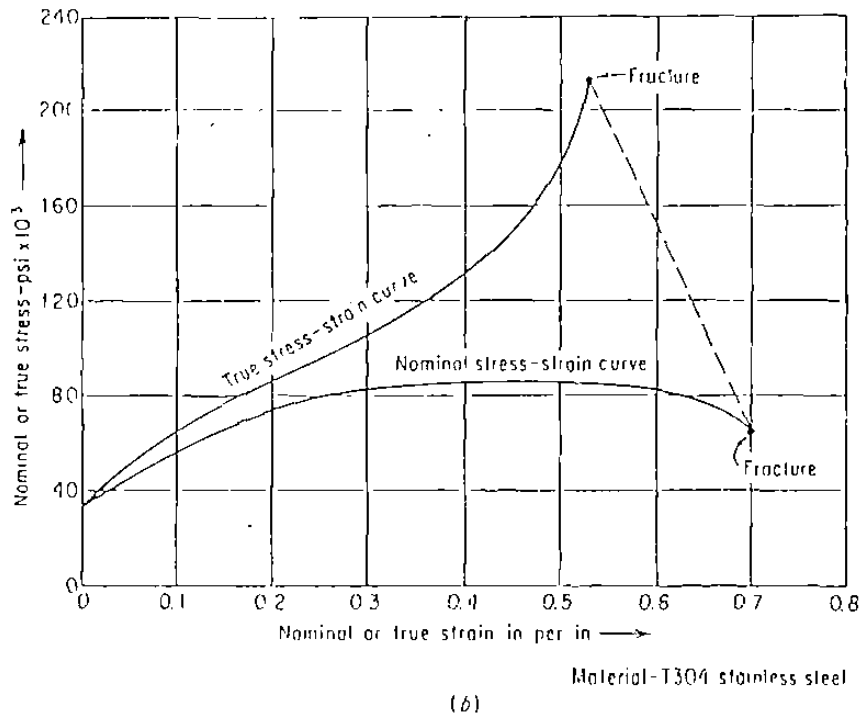


Fig. 3.2 Curva esfuerzo - Deformación basado en mediciones de deformación axial.

3.- Método de las dos cargas.

Este método descubierto por Mac Gregor consiste en maquinar un espécimen de sección circular en forma cónica, como se muestra en la figura 3.3(a)

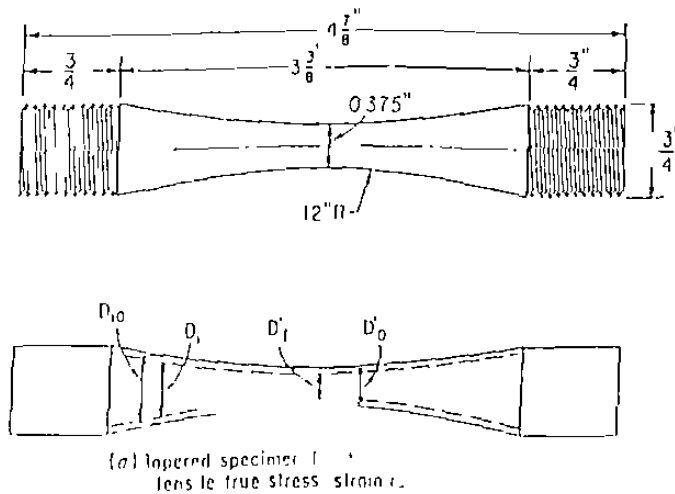


Fig. 3.3 (a) Espécimen cónico para la determinación de la relación esfuerzo deformación verdaderos.

Luego se mide con algún aparato o calibrador lineal el diámetro inicial D_0 en varias secciones transversales, como se ve en la Figura 3.3 (a).

- Se inicia el ensayo de tensión llevando el espécimen a la carga máxima y de fractura.

Haciéndose registro de Carga – Deformación y registrándose P_u y P_f respectivamente.

- Después de la fractura el diámetro reducido D_i del espécimen es medido y observado en el mismo lugar que en el inicio de su registro

- Se calcula el esfuerzo y deformación verdaderos para la carga máxima P_{μ} .

$$S' = \frac{P_{\mu}}{A_i} = \frac{4 P_{\mu}}{\pi D_i^2} \quad \text{Ec.3.10}$$

$$\delta = \ln \frac{A_{i_0}}{A_i} = 2 \ln \frac{D_{i_0}}{D_i} \quad \text{Ec.3.11}$$

- Se calcula el esfuerzo y deformación verdadero para la carga de fractura P_f .

$$S_f = \frac{P_f}{A'_f} = \frac{4 P_f}{\pi d_f^2} \quad \text{Ec 3.12}$$

$$\delta_f = \ln \frac{A'_{f_0}}{A'_f} = 2 \ln \frac{D'_{f_0}}{D'_f} \quad \text{Ec.3.13}$$

Este método no proporciona datos entre los puntos A y B, la gráfica para este método se muestra en la figura 3.4

Por lo que se puede considerar una línea recta entre A y B.

- La ventaja de este metodo es que no se requiere medicion de diámetros durante la prueba o ensayo Y se puede usar para pruebas de tensión a alta temperatura.

- Desventaja El espécimen es laborioso para maquinar y la distribución de esfuerzos no es uniforme

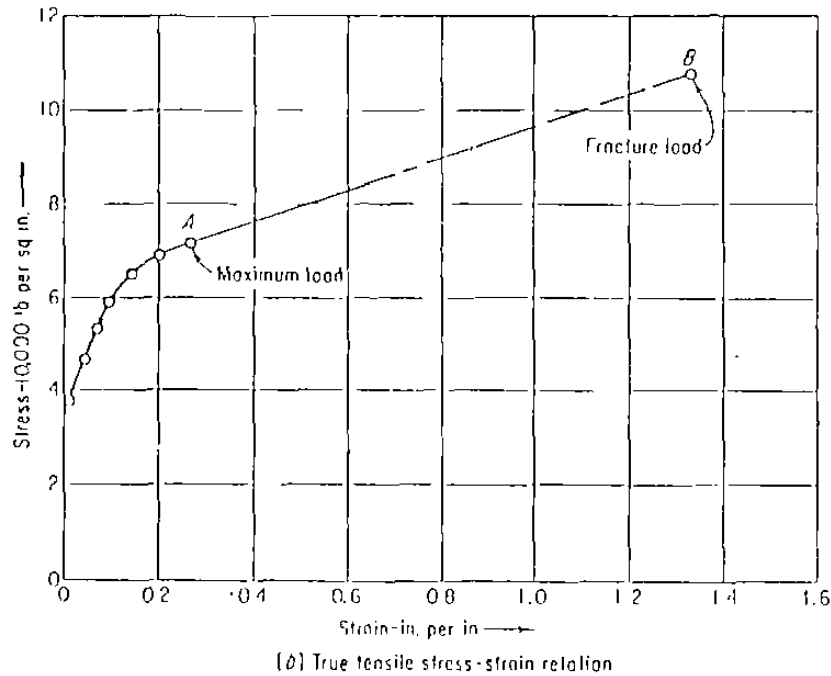


Fig. 3.4 Determinación de la curva esfuerzo – deformación por el método de las dos cargas de Mac Gregor

CAPITULO. 4

- PROPIEDADES ESFUERZO –DEFORMACION ESTATICAS A CORTE.

4.1-PROPIEDADES OBTENIDAS EN CORTE DIRECTO.

En este ensayo de corte no se puede graficar deformación porque no existe debido a que el material solo cede al desplazamiento o cizalladura.

En la figura 4.1 se muestra la manera en que se puede probar el material

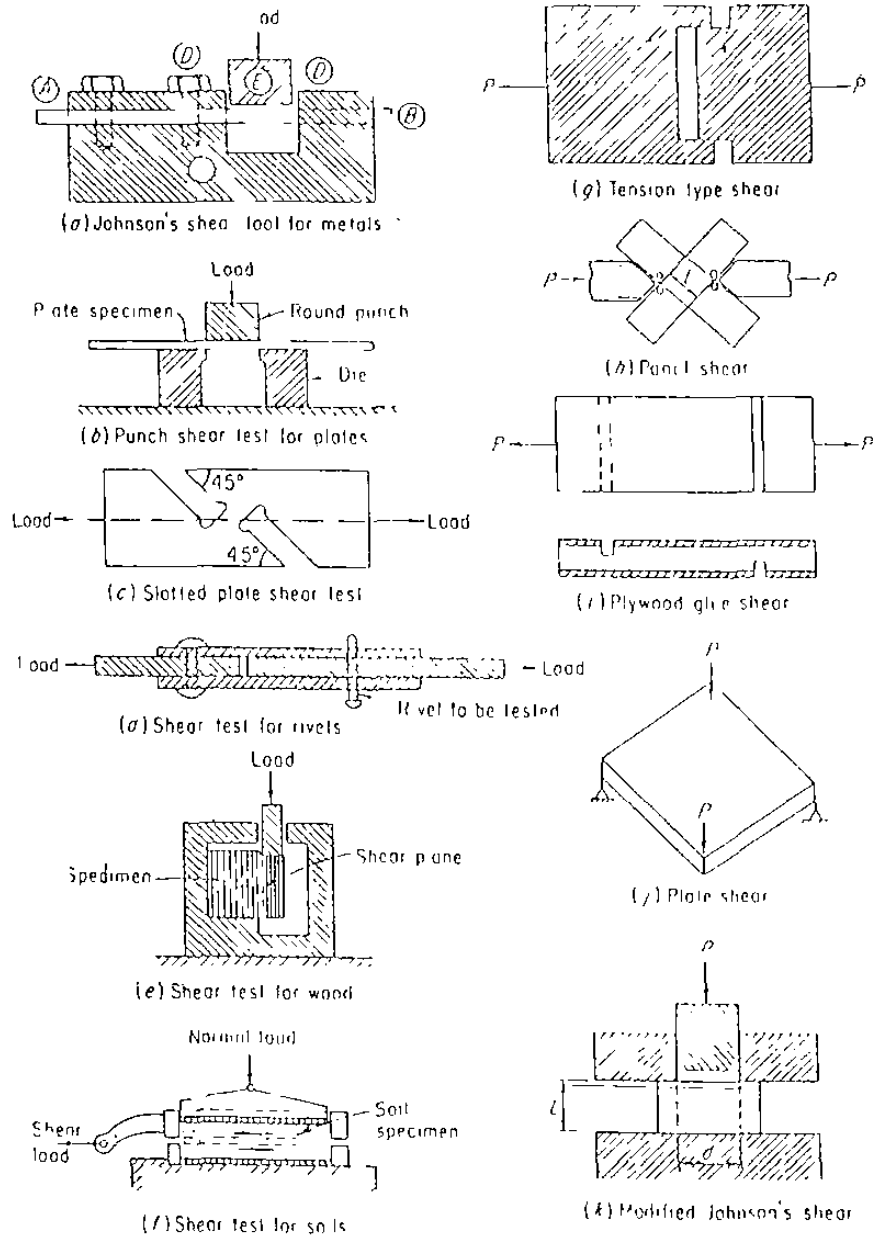


Fig 4.1 Material a prueba de corte

4.2 PROPIEDADES DE CORTE ESTÁTICO USANDO ESPECÍMENES CIRCULARES SÓLIDOS A TORSIÓN.

4.2.1 INTRODUCCIÓN

A través de un ensayo de torsión donde se registra los valores de par torsor (M_t) contra ángulo de torsión (θ) se puede evaluar las propiedades mecánicas a corte puro

4.2.2 Resistencia al corte elástica: esta se mide a través del esfuerzo máximo cortante a torsión, la cedencia en torsión se puede obtener aplicando el método de Johnson con el cual se obtiene un valor aproximado del límite elástico aparente, en el punto A de la figura 4.2 (a) en esta gráfica se estima el valor de (M_{tp}) momento torsor y el esfuerzo se obtendrá con

$$S_s = \frac{M_{tp} r}{J}$$

Resistencia al
corte puro

Ec.4.1

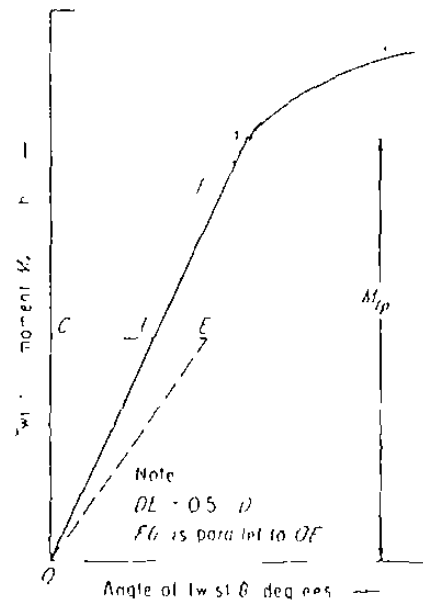


Figura 4.2 (a) Gráfica momento torsor VS esfuerzo cortante

La resistencia elástica a la torsión se puede obtener también, a través de un ángulo offset, para determinar el par torsor de cedencia. En el punto B como se muestra en la figura 4.2 (b).

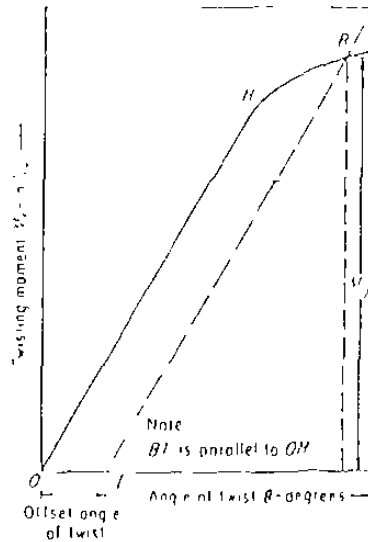


Fig. 4.2 (b) Obtención del par de cedencia

En la gráfica 4.2 (b) se obtiene el par torsor de cedencia (M_{ty}) con el cual se obtiene la resistencia al corte elástica o la cedencia:

$$S_{ey} = \frac{M_{ty} r}{J}$$

Esta ecuación considera una relación lineal entre esfuerzo cortante y deformación angular

4.2.3 Rigidez

Es la resistencia torsional a la deformación en el rango elástico, y se mide a través del módulo de elasticidad al corte (E_c) llamado también módulo de rigidez

$$E_c = \frac{M_t L}{\theta J} \quad \text{Ec. 4.3}$$

donde: $L \rightarrow$ Longitud de calibración

$$J \rightarrow \frac{\pi r^4}{2} \text{ pieza sólida}$$

$\theta \rightarrow$ ángulo de torsión (radianes)

También puede obtenerse en función del módulo elástico a tensión y con la razón de Poisson

$$E_c = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad \text{Ec. 4.4}$$

donde

$E \rightarrow$ Módulo elástico a corte

$\mu \rightarrow$ Razón de Poisson

4.2.4 Resiliencia:

Es la habilidad del material de absorber energía a corte en el rango elástico, hasta el límite proporcional.

El módulo de resiliencia al corte es representado por el trabajo promedio por unidad de volumen, para esforzar el material en torsión hasta el límite proporcional.

$$u_s = \left(\frac{M_{yp} \theta_p}{2} \right) \left(\frac{l}{AL} \right) \left[\frac{\text{lb-in}}{\text{in}^3} \quad \frac{\text{N-m}}{\text{m}^3} \right] \quad \text{Ec.4.5}$$

donde, $A \rightarrow$ Area transversal

$l \rightarrow$ Longitud de calibración

$l_p \rightarrow$ Límite proporcional

$l_{mp} \rightarrow$ Límite proporcional

El trabajo promedio o módulo de resiliencia se puede expresar en función del S_{yp} , resistencia elástica y módulo elástico a corte, F_s .

$$u_s = \frac{S_{yp}^2}{4 F_s} \quad \text{Ec.4.6}$$

Considerando el esfuerzo a la cedencia al corte S_{cy}

$$u_s = \frac{S_{cy}^2}{4 F_s} \quad \text{Módulo de resiliencia basado en cedencia} \quad \text{Ec.4.7}$$

Comparando el modulo de resiliencia a torsion con el de tension

u $\frac{S_y^2 p}{2F}$ se Muestra que

$$u_s = \tau \left(\frac{S_{xy}^2}{2 F_y} \right) = \tau_2 M_t \quad \text{Ec 4.8}$$

La resiliencia a torsión es un medio de la de tension

4.3 Resistencia al corte plástica :

Es determinada por la resistencia máxima aparente en torsión y es llamada módulo de ruptura Y representa el máximo esfuerzo sobre la fibra exterior debido al par torsor maximo.

$$S_{sM} = \frac{M_{tM} Y}{J} \quad \text{Ec.4.9}$$

A través de esta ecuación se tiene un cierto error, mas adelante se explicará para fines de comparación y para selección de material; su aplicación es segura

4.4 Ductilidad: en torsión es la habilidad del material para deformarse en el rango plástico

Se obtiene midiendo la longitud final y la inicial de calibración, y aplicando la ecuación:

$$D_t = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100 \quad \text{Ec.4.10}$$

4.5 - Tenacidad: Es el trabajo promedio por unidad de volumen requerido para fracturar un espécimen

Representa el área total bajo la curva par torsor v angulo de torsión, y se calcula

$$\Gamma_s = \frac{M_{tu} \cdot \theta_f}{AL} \tag{Ec.4.11}$$

donde $\Gamma_s \rightarrow \text{Lb-in/in}^3$

$\theta_f \rightarrow$ Ángulo de torsión a la fractura

$M_{tu} \rightarrow$ Momento torsor a la fractura

$A \rightarrow$ Area inicial

$L \rightarrow$ Longitud inicial

Se puede usar también para mayor seguridad en el cálculo el valor promedio de $(M_{ty} + M_{tu})/2$. Ver figura 4.3

$$\Gamma_s = \frac{[(M_{ty} + M_{tu})/2] \cdot \theta_f}{AL} \tag{Ec.4.12}$$

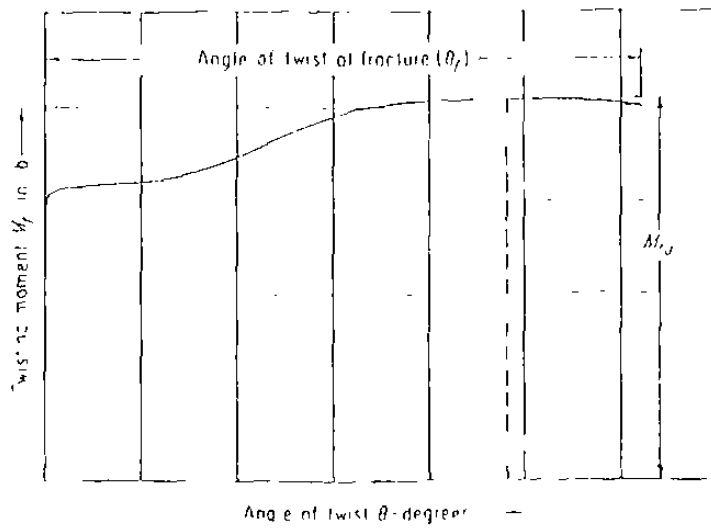


Fig 4.3 Obtención de la tenacidad

CAPÍTULO 5

Pruebas Mecánicas en Acero Estructural, Latón y Aluminio

5.1. Ensayos estático de Tensión

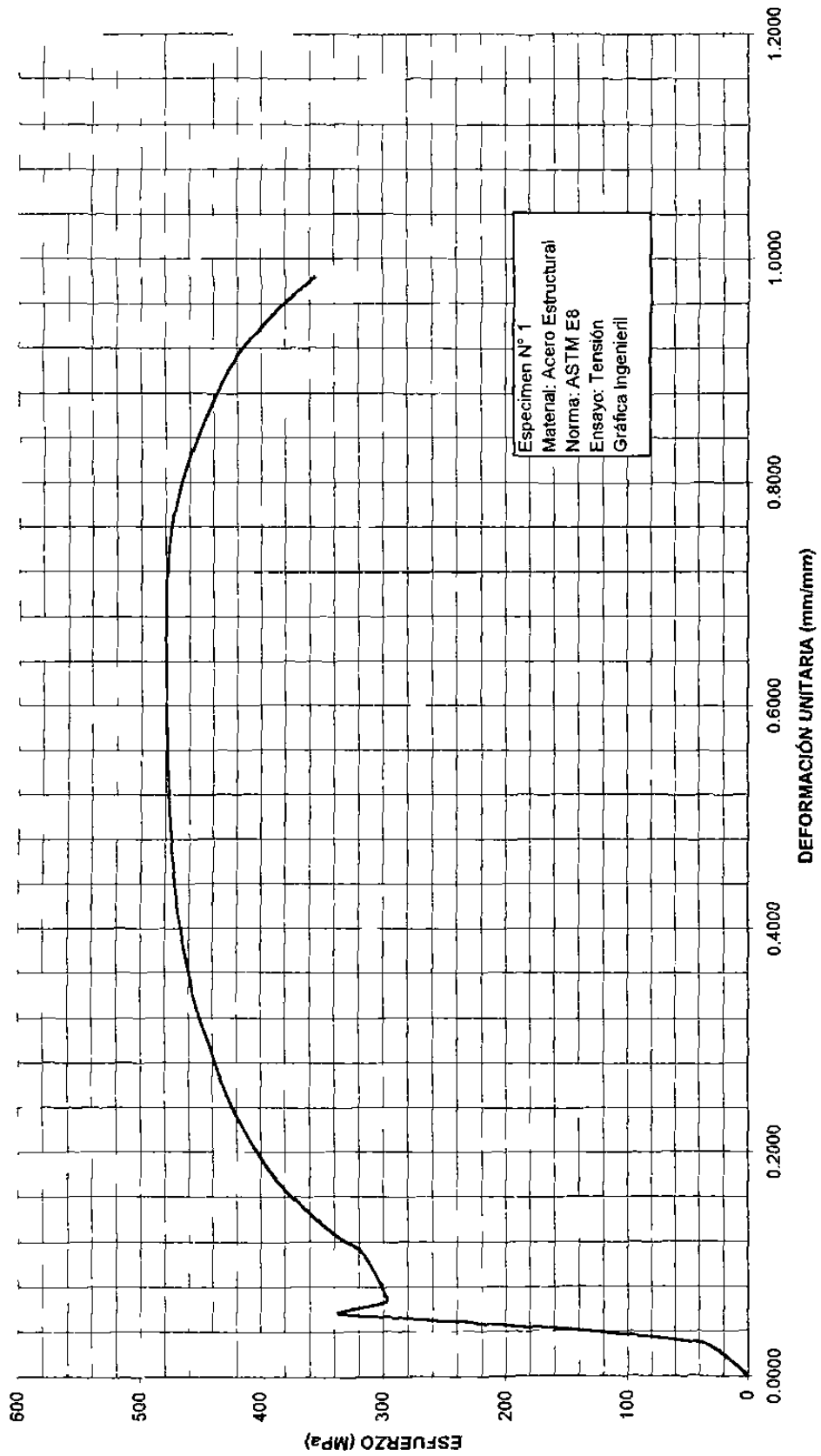
En los ensayos estáticos de tensión se utilizaron tres bitácoras de los ensayos, considerando cada una de ellas los datos iniciales de la pieza y el material a probar.

En cada bitácora se registro las lecturas de carga contra deformacion y a partir de estos datos se procedió a calcular la deformación ingenieril, el esfuerzo real en cada uno de las piezas de cada material, con los cuales se realizaron las gráficas de comportamiento ingenieriles y reales y las amplificadas hasta cedencia.

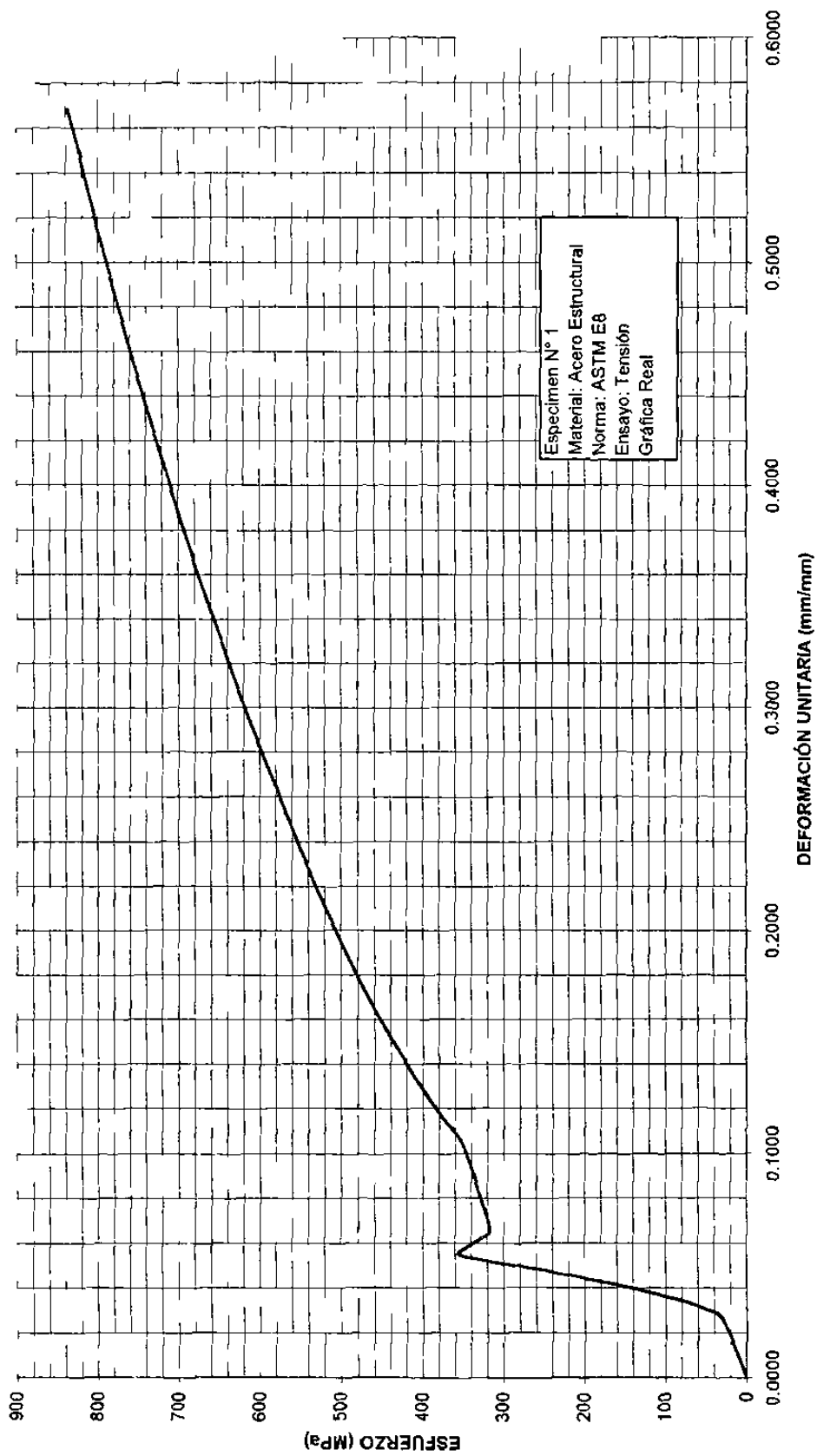
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPE MEN	N 1					
ATFR AL	ACERO E TRUCTURAL					
ENSAYO	DE TENS ÓN					
ESTÁNDAR	ASTM E8					
L _c	51 43	mm		L _r =	71.399	mm
D _c	12 54	mm		D _r =	7 391	mm
A ₀	123 505	mm ²		A _r =	42.908	mm ²
Velo idad de ersa o	1 5	mm min				
DEFORMACIÓN OTAL (mm e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0 0000	0	0.0000	0
0 39	200	1962	0 0154	16	0.0152	16
0.70	400	3924	0.0276	32	0.0272	32
0 78	600	5886	0.0307	47	0.0302	49
0 84	800	7848	0 0331	63	0.0325	65
0 89	1000	9810	0.0350	79	0.0344	82
0 93	1200	11772	0.0366	95	0.0360	98
0.97	1400	13734	0 0382	111	0.0375	115
1 01	1600	15696	0.0398	126	0.0390	131
1.05	1800	17658	0.0413	142	0.0405	148
1 08	2000	19620	0.0425	158	0.0416	165
1.11	2200	21582	0.0437	174	0.0428	181
1 14	2400	23544	0.0449	190	0.0439	198
1.18	2600	25506	0.0465	205	0.0454	215
1.20	2800	27468	0.0472	221	0.0462	232
1.24	3000	29430	0.0488	237	0.0477	249
1.26	3200	31392	0.0496	253	0.0484	265
1 29	3400	33354	0 0508	269	0.0495	282
1 32	3600	35316	0.0520	284	0.0507	299
1.35	3800	37278	0.0531	300	0.0518	316
1.38	4000	39240	0.0543	316	0.0529	333
1 41	4200	41202	0.0555	332	0.0540	350
1.45	4260	41791	0.0571	337	0.0555	356
1 68	3800	37278	0 0661	300	0.0640	320
1.77	3760	36886	0.0697	297	0.0674	318
2.77	4000	39240	0.1091	316	0.1035	351
3.05	4200	41202	0 1201	332	0.1134	372
3.21	4300	42183	0.1264	340	0.1190	383
3.38	4400	43164	0 1331	348	0.1249	394
3.77	4600	45126	0.1484	363	0.1384	417
4 20	4800	47088	0 1654	379	0.1530	442
4 73	5000	49050	0.1862	395	0.1708	469
5 43	5200	51012	0 2138	411	0.1937	499
6.29	5400	52974	0 2476	427	0.2213	532
7.46	5600	54936	0 2937	442	0.2575	572
8.92	5800	56898	0.3512	458	0.3010	619
11.70	6000	58860	0 4606	474	0.3789	692
15 76	6065	59498	0.6205	479	0.4827	777
19 45	6000	58860	0 7657	474	0.5686	837
22 50	5500	53955	0 8858	435		
24 00	5000	49050	0 9449	395		
25 01	4500	44145	0.9846	356		

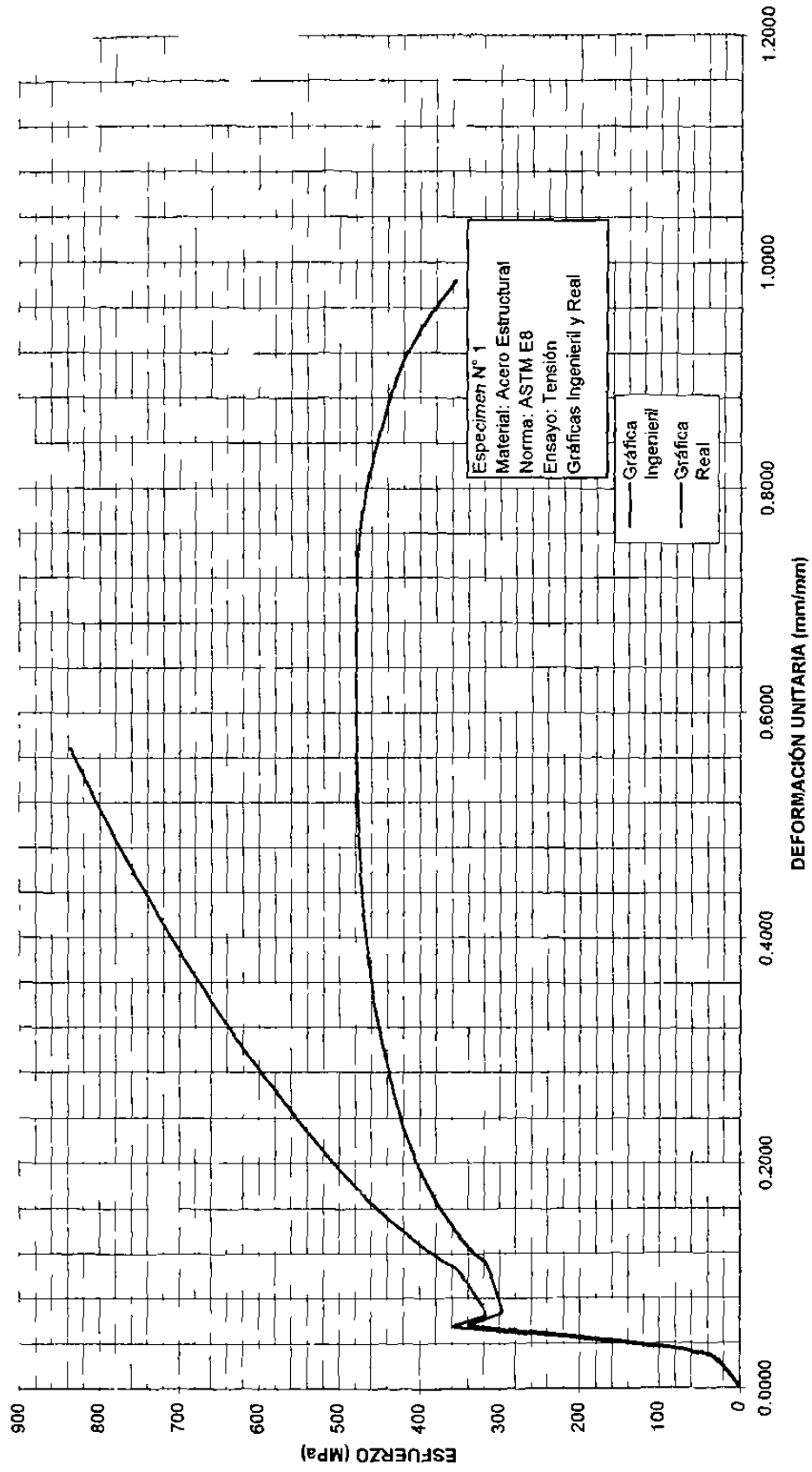
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



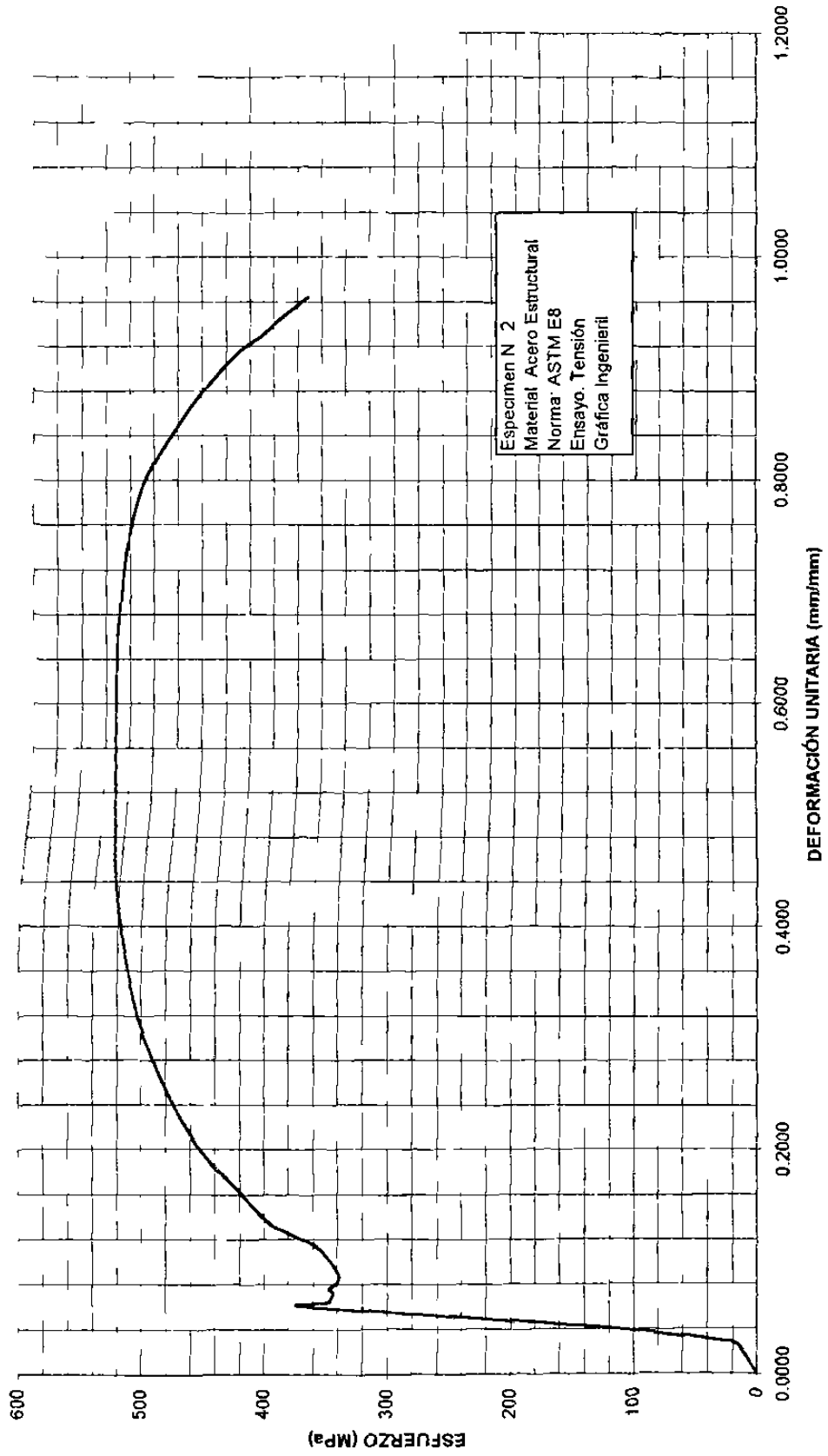
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



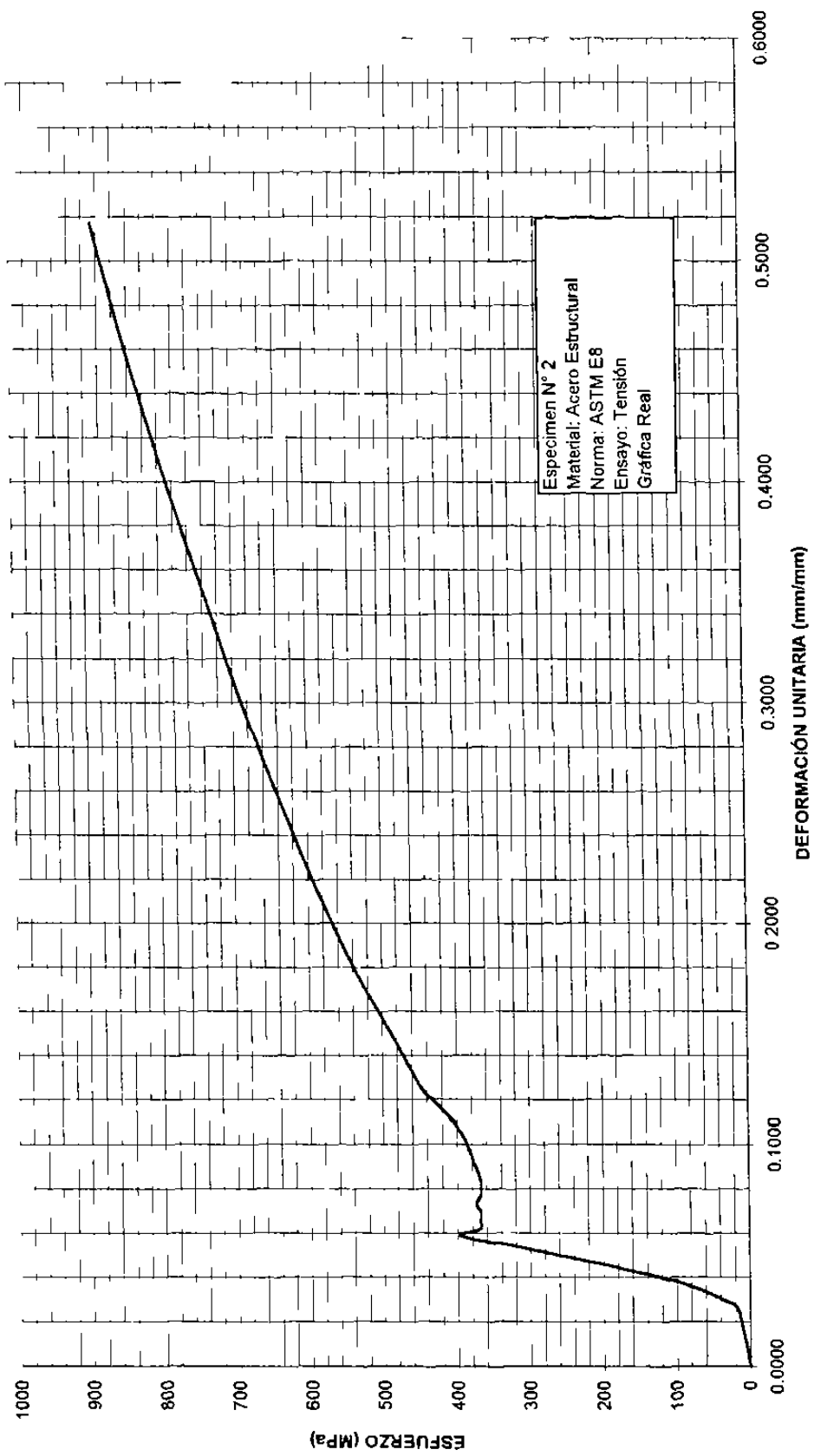
BITÁCORA DEL ENSAYO

Especificaciones						
MATERIAL		ACERO ESTRUCTURAL				
ENSAYO		DE TENSION				
ESTÁNDAR		ASTM E8				
$L_0 =$	51 180	mm		$L_f =$	70.86	mm
$D =$	12 700	mm		$D_f =$	7.465	mm
$A_0 =$	126 677	mm ²		$A_f =$	45 903	mm ²
Velocidad del ensayo.	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.65	200	2000	0.0256	16	0.0253	16
0.75	400	4000	0.0295	32	0.0291	33
0.82	600	6000	0.0323	47	0.0318	49
0.88	800	8000	0.0346	63	0.0341	65
0.93	1000	10000	0.0366	79	0.0360	82
0.98	1200	12000	0.0386	95	0.0379	98
1.02	1400	14000	0.0402	111	0.0394	115
1.06	1600	16000	0.0417	126	0.0409	132
1.09	1800	18000	0.0429	142	0.0420	148
1.12	2000	20000	0.0441	158	0.0431	165
1.16	2200	22000	0.0457	174	0.0447	182
1.19	2400	24000	0.0469	189	0.0458	198
1.22	2600	26000	0.0480	205	0.0469	215
1.25	2800	28000	0.0492	221	0.0480	232
1.28	3000	30000	0.0504	237	0.0492	249
1.31	3200	32000	0.0516	253	0.0503	266
1.34	3400	34000	0.0528	268	0.0514	283
1.37	3600	36000	0.0539	284	0.0525	300
1.40	3800	38000	0.0551	300	0.0537	317
1.43	4000	40000	0.0563	316	0.0548	334
1.45	4200	42000	0.0571	332	0.0555	350
1.48	4400	44000	0.0583	347	0.0566	368
1.51	4500	46000	0.0594	363	0.0577	385
1.56	4737	47370	0.0614	374	0.0596	397
1.62	4400	44000	0.0638	347	0.0618	369
1.72	4380	43800	0.0677	346	0.0655	369
1.82	4350	43500	0.0717	343	0.0692	368
1.93	4400	44000	0.0760	347	0.0732	374
2.04	4321	43210	0.0803	341	0.0773	368
2.26	4300	43000	0.0890	339	0.0852	370
2.83	4500	45000	0.1114	355	0.1056	395
3.17	4800	48000	0.1248	379	0.1176	426
3.39	5000	50000	0.1335	395	0.1253	447
3.83	5200	52000	0.1508	410	0.1404	472
4.30	5400	54000	0.1693	426	0.1564	498
4.73	5600	56000	0.1862	442	0.1708	524
5.32	5800	58000	0.2094	458	0.1902	554
6.07	6000	60000	0.2390	474	0.2143	587
7.06	6200	62000	0.2780	489	0.2453	625
8.40	6400	64000	0.3307	505	0.2857	672
10.79	6600	66000	0.4248	521	0.3540	742
12.73	6700	67000	0.5012	529	0.4063	794
14.93	6733	67330	0.5878	532	0.4623	844
17.20	6700	67000	0.6772	529	0.5171	887
19.90	6500	65000	0.7835	513		
21.80	6000	60000	0.8583	474		
23.10	5500	55000	0.9094	434		
23.60	5200	52000	0.9291	410		
24.00	5000	50000	0.9449	395		
24.50	4700	47000	0.9646	371		

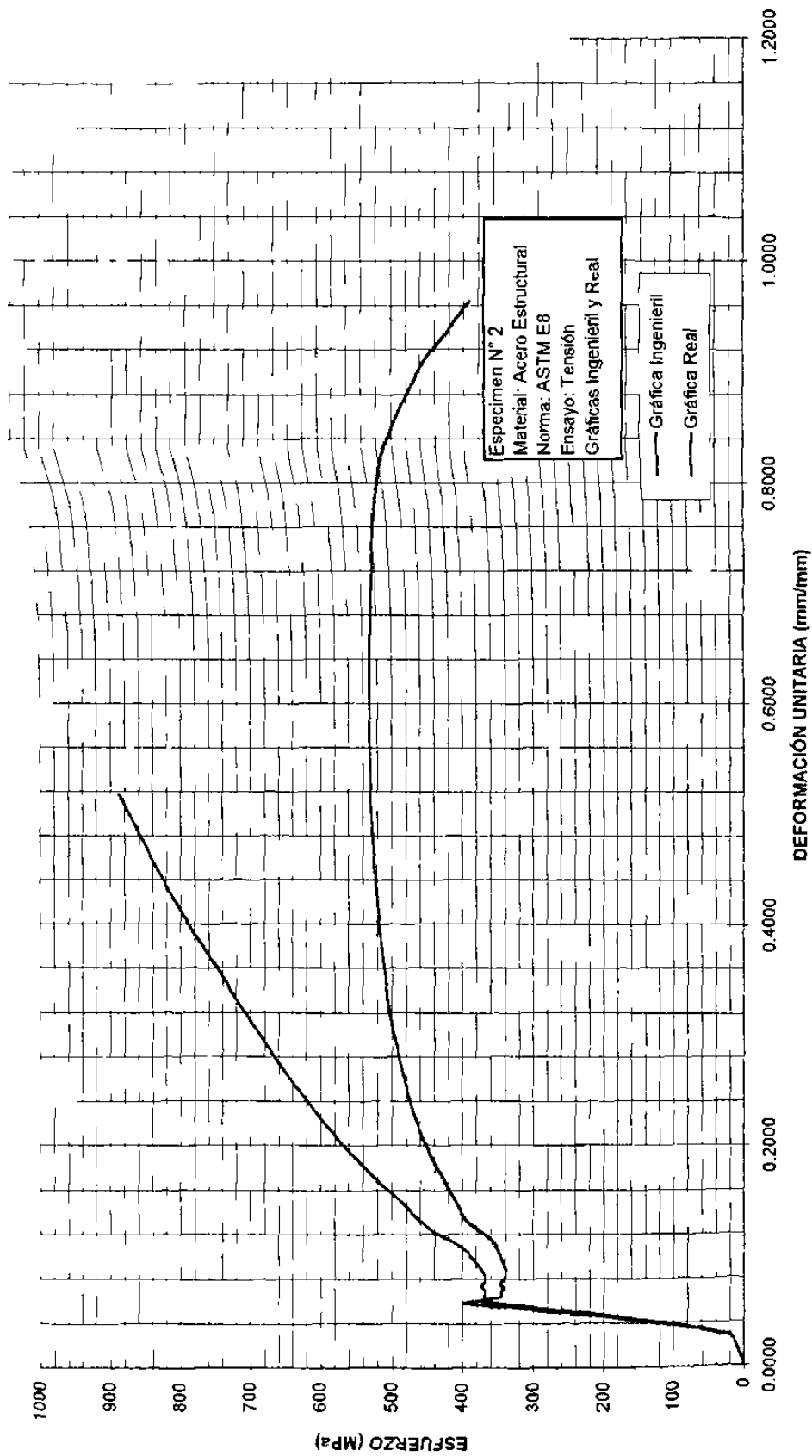
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



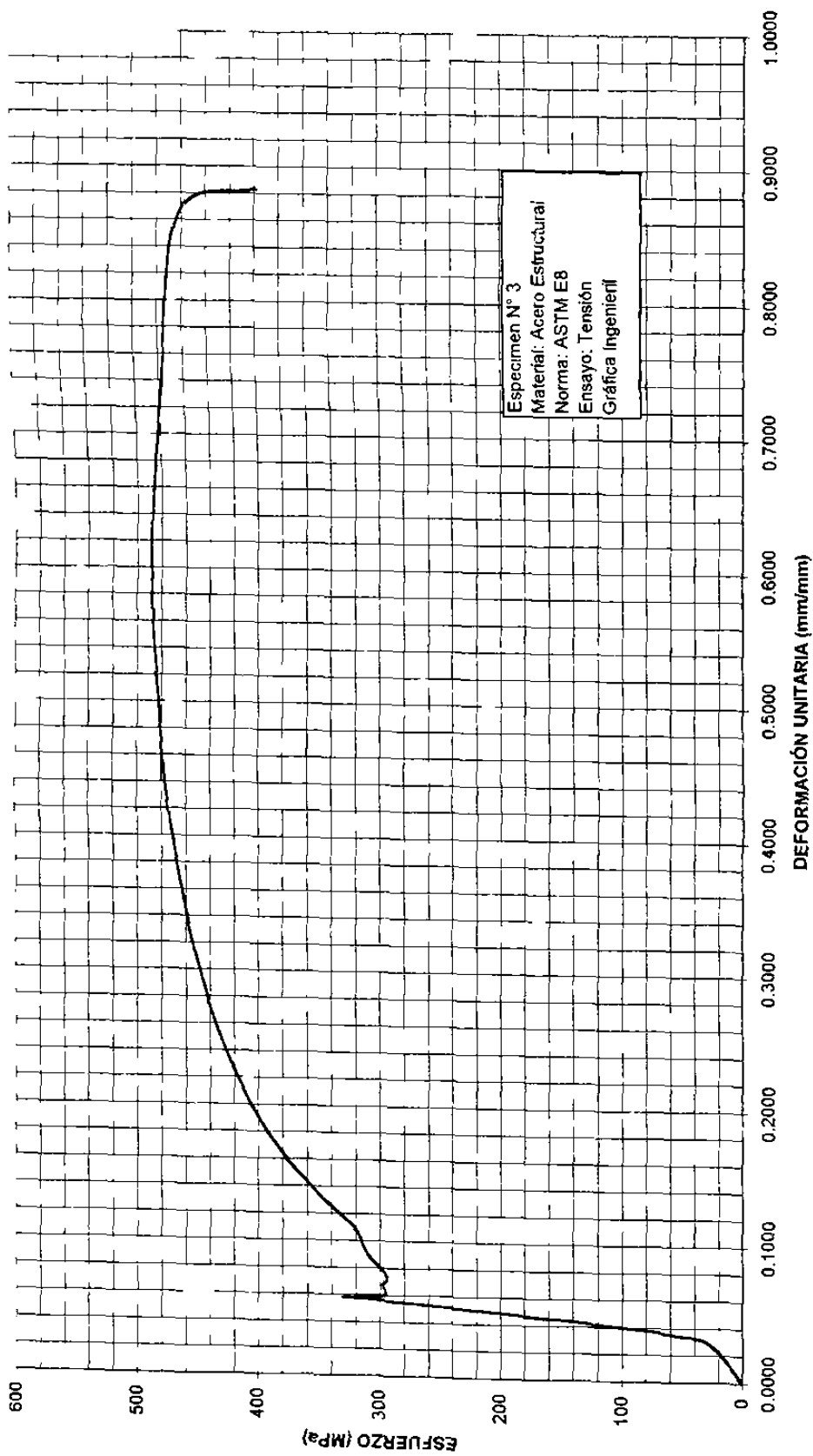
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSION



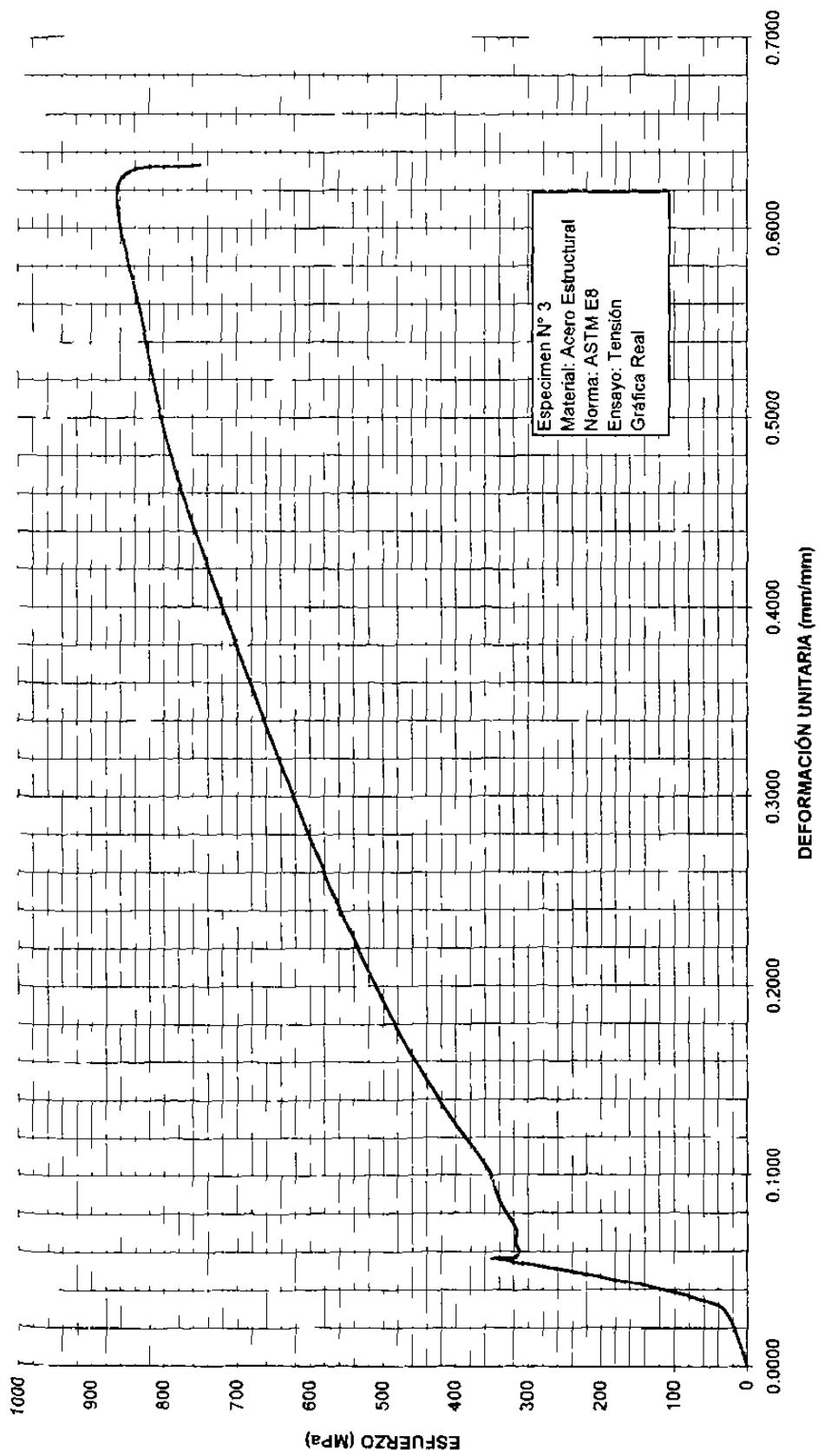
BITACORA DEL ENSAYO

ESPEC MEN		N 3				
MATERIAL		ACEPO ESTRUCTURAL				
ENSAYO		DE TENSION				
ESTÁNDAR		ASTM E8				
$L_0=$	51 689	mm		$L_f=$	69 697	mm
$D =$	12 649	mm		$D=$	7 315	mm
$A_c=$	125 665	mm ²		$A_f=$	42.026	mm ²
Velocidad del ensayo	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.47	200	2000	0.0185	16	0.0183	16
0.77	400	4000	0.0303	32	0.0299	33
0.85	600	6000	0.0335	48	0.0329	49
0.90	800	8000	0.0354	64	0.0348	66
0.96	1000	10000	0.0378	80	0.0371	83
1.00	1200	12000	0.0394	95	0.0386	99
1.04	1400	14000	0.0409	111	0.0401	116
1.08	1600	16000	0.0425	127	0.0416	133
1.12	1800	18000	0.0441	143	0.0431	150
1.15	2000	20000	0.0453	159	0.0443	166
1.18	2200	22000	0.0465	175	0.0454	183
1.22	2400	24000	0.0480	191	0.0469	200
1.25	2600	26000	0.0492	207	0.0480	217
1.28	2800	28000	0.0504	223	0.0492	234
1.31	3000	30000	0.0516	239	0.0503	251
1.34	3200	32000	0.0528	255	0.0514	268
1.37	3400	34000	0.0539	271	0.0525	285
1.40	3600	36000	0.0551	286	0.0537	302
1.43	3800	38000	0.0563	302	0.0548	319
1.46	4000	40000	0.0575	318	0.0559	337
1.48	4149	41490	0.0583	330	0.0566	349
1.51	3738	37380	0.0594	297	0.0577	315
1.72	3740	37400	0.0677	298	0.0655	318
1.88	3700	37000	0.0740	294	0.0714	316
2.28	3900	39000	0.0898	310	0.0860	338
2.70	4000	40000	0.1063	318	0.1010	352
3.06	4200	42000	0.1205	334	0.1138	374
3.39	4400	44000	0.1335	350	0.1253	397
3.78	4600	46000	0.1488	366	0.1387	421
4.22	4800	48000	0.1661	382	0.1537	445
4.76	5000	50000	0.1874	398	0.1718	472
5.43	5200	52000	0.2138	414	0.1937	502
6.27	5400	54000	0.2469	430	0.2206	536
7.37	5600	56000	0.2902	446	0.2548	575
8.91	5800	58000	0.3508	462	0.3007	623
11.30	6000	60000	0.4449	477	0.3680	690
15.50	6140	61400	0.6102	489	0.4764	787
18.80	6000	60000	0.7402	477	0.5540	831
22.00	5800	58000	0.8661	462	0.6239	861
22.44	5000	50000	0.8935	398	0.6331	749

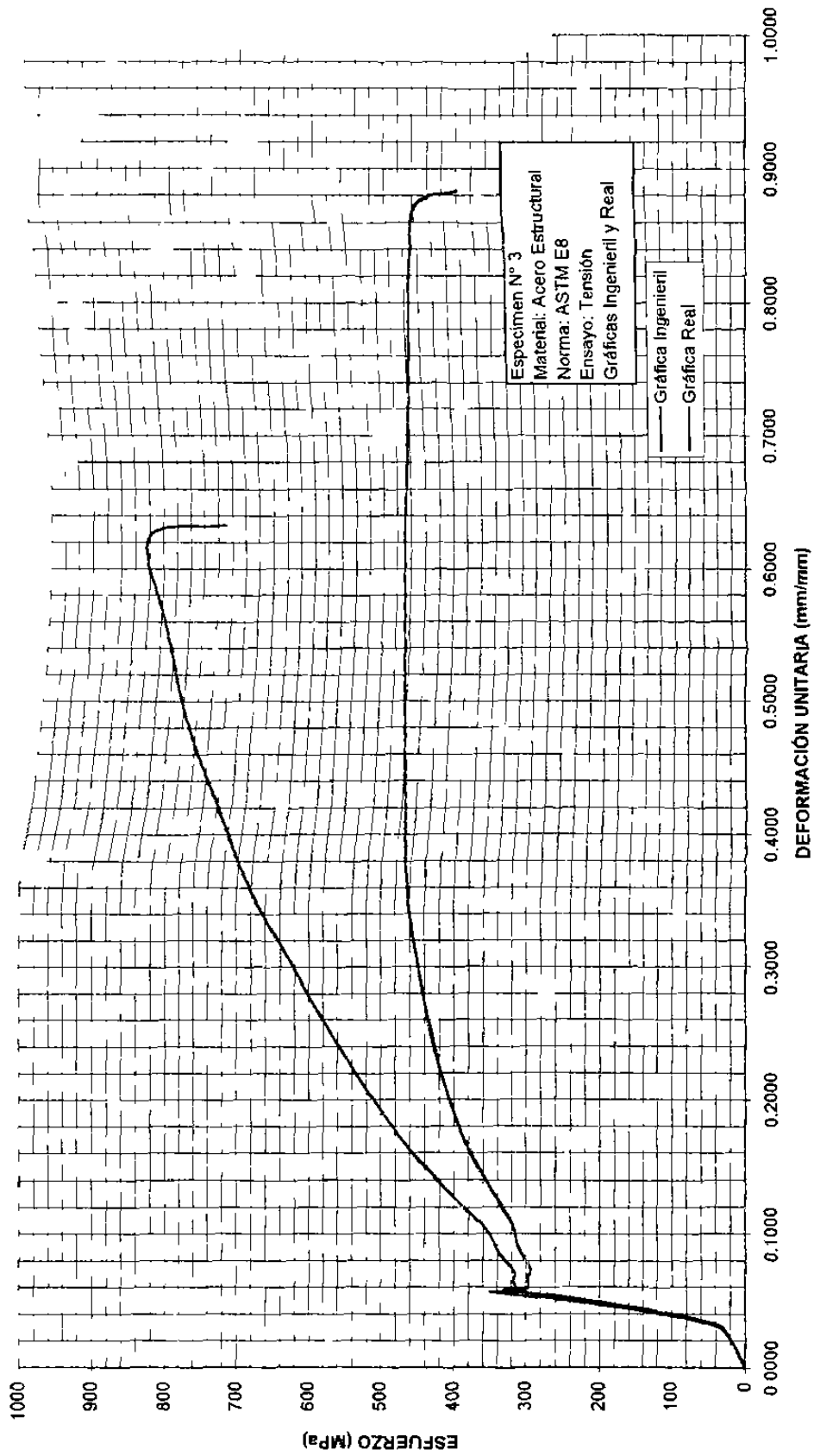
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



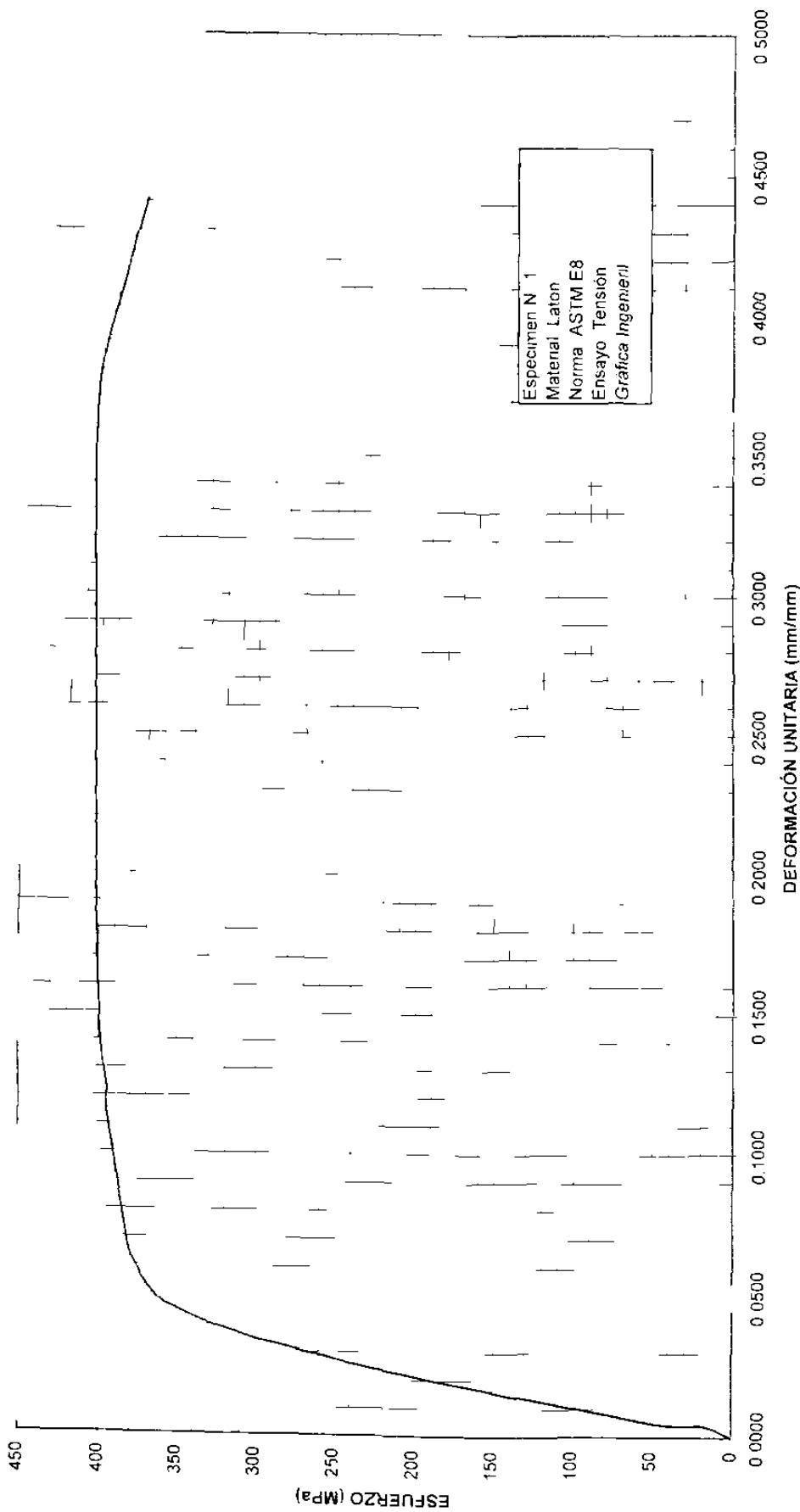
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



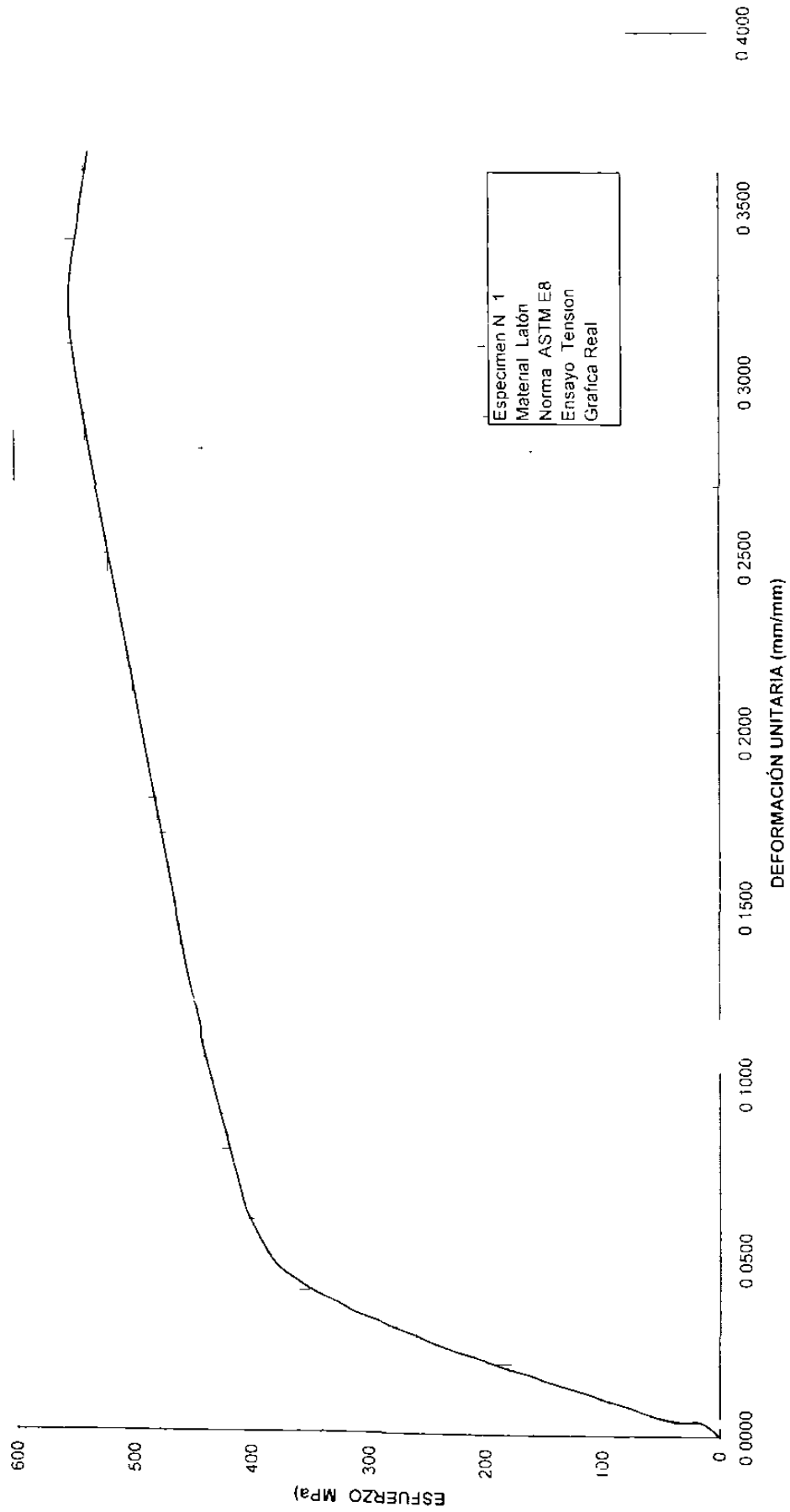
BITACORA DEL ENSAYO

GENERAL		N					
DESCRIPCION		DETALLES					
ESTANDAR		ASTM E8					
L	50 165	mm		L _T	6 7 8	mm	
D	1 9	mm		D	9 27	mm	
A	26 46	mm ²		A	7 4	mm ²	
Velocidad de ensayo		r		n		m	
DEFORMACION TOTAL (mm)	CARGA (kg)	CARGA (N)	DEFORMACION INGENIERIL (mm/mm)	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa)	DEFORMACION REAL (mm/mm)	ESFUERZO REAL (Mpa)	
e	P	P	e	S	d	S'	
0	0	0	0 0000	0	0 0000	0	
0 0 7	200	200	0 0038	16	0 0038	16	
0 10	400	4000	0 0039	32	0 0039	32	
0 12	600	6000	0 0047	47	0 0047	48	
0 16	800	8000	0 0063	63	0 0063	64	
0 21	1000	10000	0 0083	79	0 0082	80	
0 25	1200	12000	0 0098	95	0 0098	96	
0 30	1400	4000	0 0118	111	0 0117	112	
0 34	1600	16000	0 0134	127	0 0133	128	
0 38	1800	18000	0 0150	142	0 0148	144	
0 43	2000	20000	0 0169	158	0 0168	161	
0 47	2200	22000	0 0185	174	0 0183	177	
0 51	2400	24000	0 0201	190	0 0199	194	
0 56	2600	26000	0 0220	206	0 0218	210	
0 60	2800	28000	0 0236	221	0 0233	227	
0 65	3000	30000	0 0256	237	0 0253	243	
0 71	3200	32000	0 0280	253	0 0276	260	
0 76	3400	34000	0 0299	269	0 0295	277	
0 82	3600	36000	0 0323	285	0 0318	294	
0 87	3800	38000	0 0343	300	0 0337	311	
0 95	4000	40000	0 0374	316	0 0367	328	
1 02	4200	42000	0 0402	332	0 0394	345	
1 12	4400	44000	0 0441	348	0 0431	363	
1 26	4600	46000	0 0496	364	0 0484	382	
1 62	4800	48000	0 0638	380	0 0618	404	
1 86	4842 9	48429	0 0732	383	0 0707	411	
2 97	5000	50000	0 1159	395	0 1106	442	
3 10	4970	49900	0 1220	395	0 1152	443	
3 50	5036	50360	0 1378	398	0 1291	453	
4 20	5065	50650	0 1654	401	0 1530	467	
5 20	5088	5 880	0 2047	402	0 1863	485	
6 30	5104	51040	0 2480	404	0 2216	504	
9 30	5114	51 40	0 3661	404	0 3120	551	
10 50	4870	48700	0 4134	385	0 3460	544	
11 20	4700	47000	0 4409	372	0 3653	536	

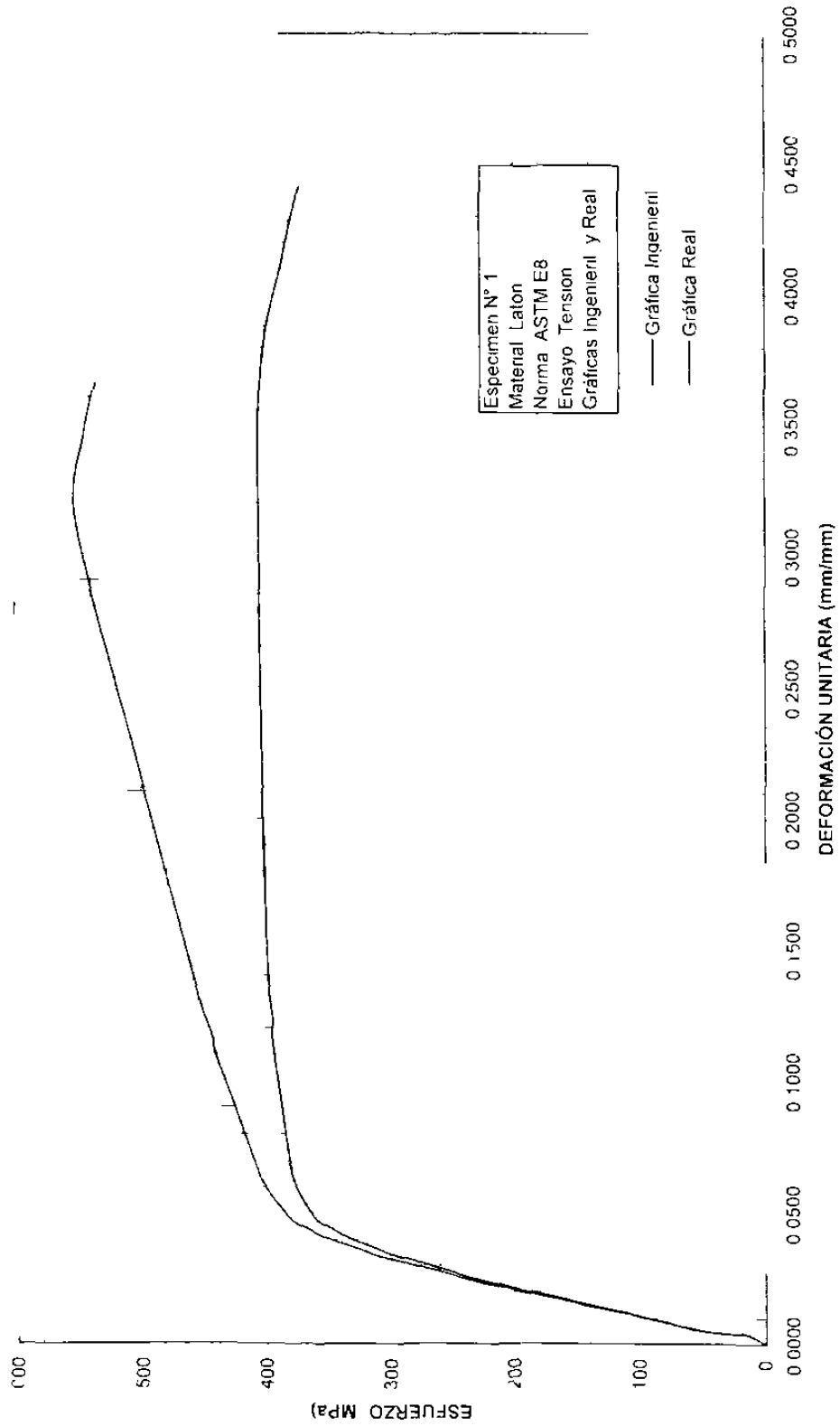
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSION

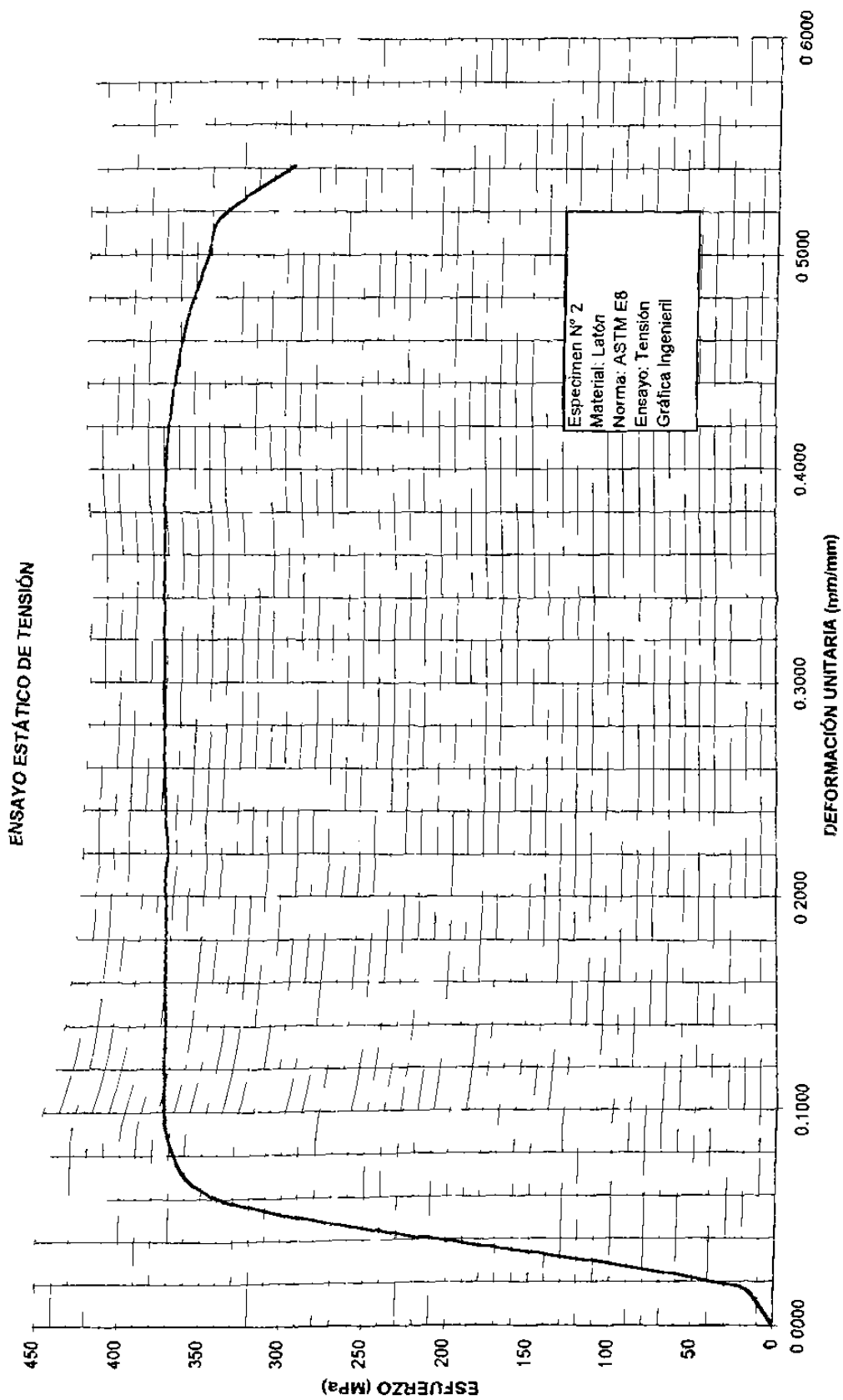


ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN

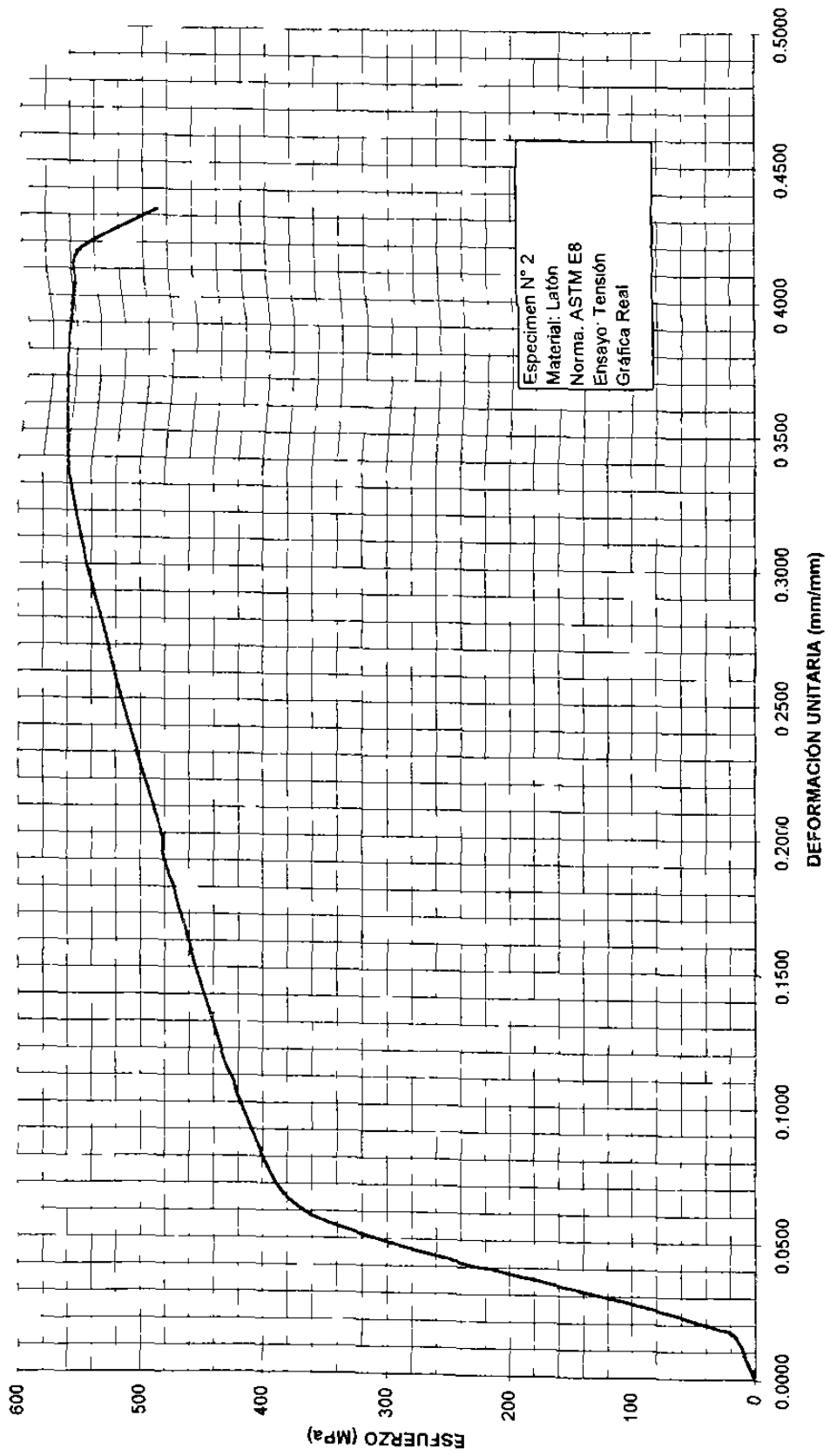


BITÁCORA DEL ENSAYO

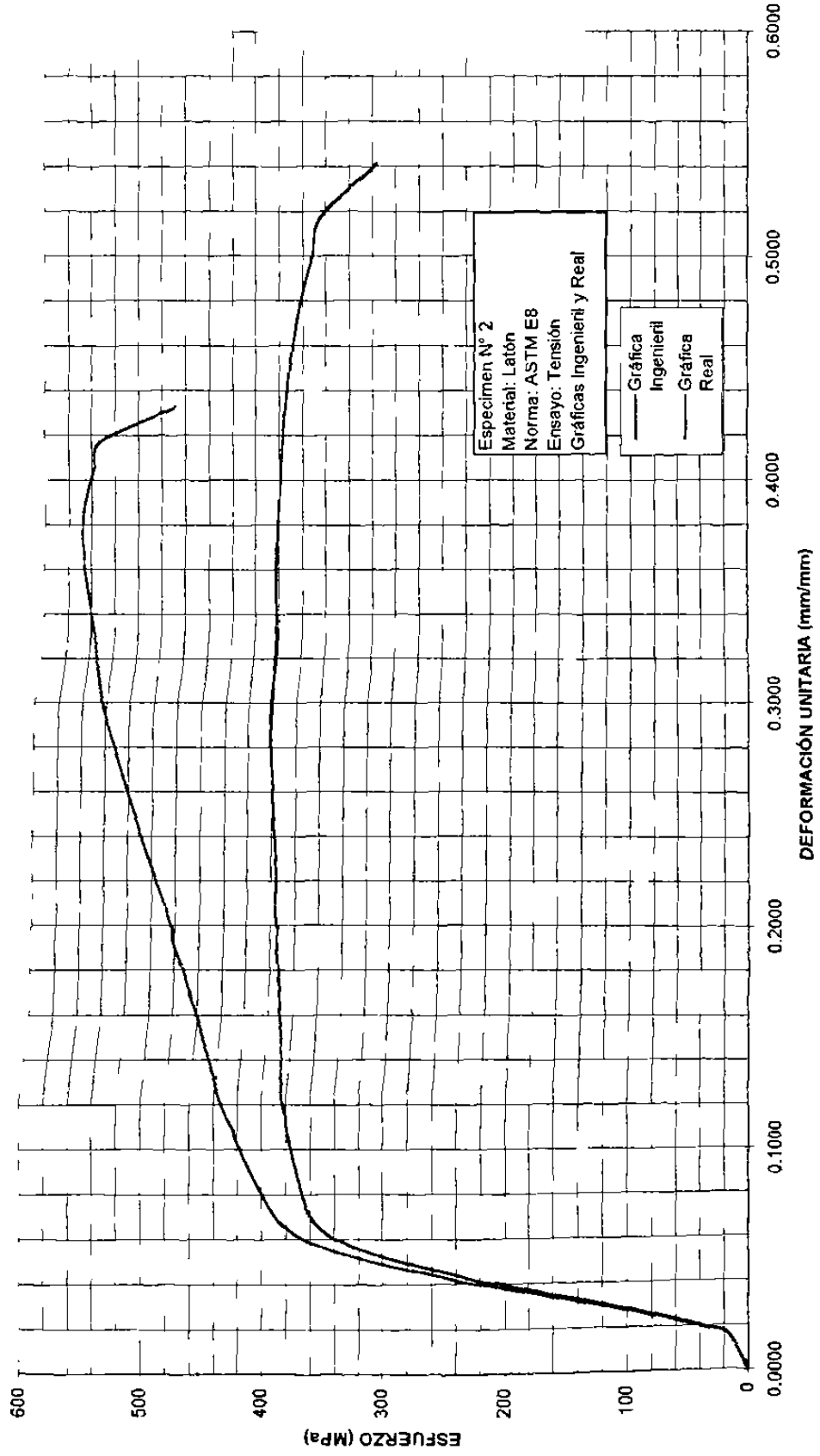
ESPECIMEN	N 2					
MATERIAL	LATÓN					
ENSAYO	DE TENSIÓN					
ESTÁNDAR	ASTM E8					
L ₀ =	50 165	mm		L _f =	62.94	mm
D ₀ =	12 690	mm		D _f =	8.99	mm
A ₀ =	126.46	mm ²		A _f =	63.46	mm ²
Velocidad del ensayo	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.40	200	2000	0.0157	16	0.0156	16
0.48	400	4000	0.0189	32	0.0187	32
0.54	600	6000	0.0213	47	0.0210	48
0.60	800	8000	0.0236	63	0.0233	65
0.65	1000	10000	0.0256	79	0.0253	81
0.70	1200	12000	0.0276	95	0.0272	98
0.75	1400	14000	0.0295	111	0.0291	114
0.79	1600	16000	0.0311	127	0.0306	130
0.84	1800	18000	0.0331	142	0.0325	147
0.88	2000	20000	0.0346	158	0.0341	164
0.93	2200	22000	0.0366	174	0.0360	180
0.97	2400	24000	0.0382	190	0.0375	197
1.02	2600	26000	0.0402	206	0.0394	214
1.05	2800	28000	0.0413	221	0.0405	231
1.11	3000	30000	0.0437	237	0.0428	248
1.16	3200	32000	0.0457	253	0.0447	265
1.21	3400	34000	0.0476	269	0.0465	282
1.27	3600	36000	0.0500	285	0.0488	299
1.33	3800	38000	0.0524	300	0.0510	316
1.40	4000	40000	0.0551	316	0.0537	334
1.48	4200	42000	0.0583	332	0.0566	351
1.60	4400	44000	0.0630	348	0.0611	370
1.88	4600	46000	0.0740	364	0.0714	391
2.75	4800	48000	0.1083	380	0.1028	421
2.89	4807.8	48078	0.1138	380	0.1078	423
3.12	4856	48560	0.1228	384	0.1159	431
3.62	4900	49000	0.1425	387	0.1332	443
4.21	4948	49480	0.1657	391	0.1534	456
4.88	4987	49870	0.1921	394	0.1757	470
5.04	4985	49850	0.1984	394	0.1810	472
5.09	5000	50000	0.2004	395	0.1826	475
5.42	5018.5	50185	0.2134	397	0.1934	482
5.60	5000	50000	0.2205	395	0.1992	483
7.05	5069	50690	0.2776	401	0.2450	512
8.26	5084	50840	0.3252	402	0.2816	533
8.95	5092	50920	0.3524	403	0.3019	545
9.69	5071	50710	0.3815	401	0.3232	554
10.90	5000	50000	0.4291	395	0.3571	565
11.80	4900	49000	0.4646	387	0.3816	567
12.30	4800	48000	0.4843	380	0.3949	563
12.70	4700	47000	0.5000	372	0.4055	557
13.15	4600	46000	0.5177	364	0.4172	552
13.75	4000	40000	0.5413	316	0.4327	488



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



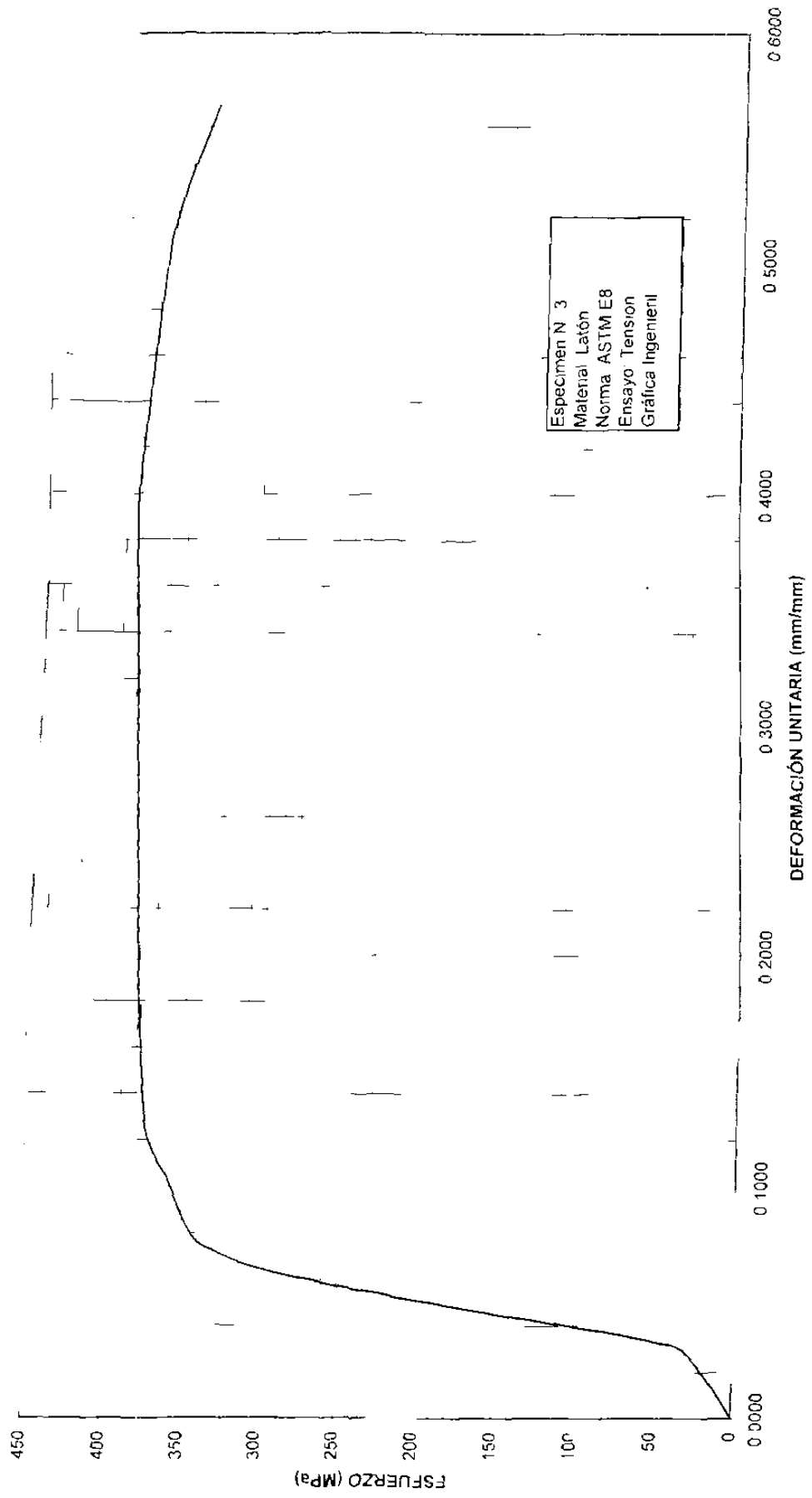
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



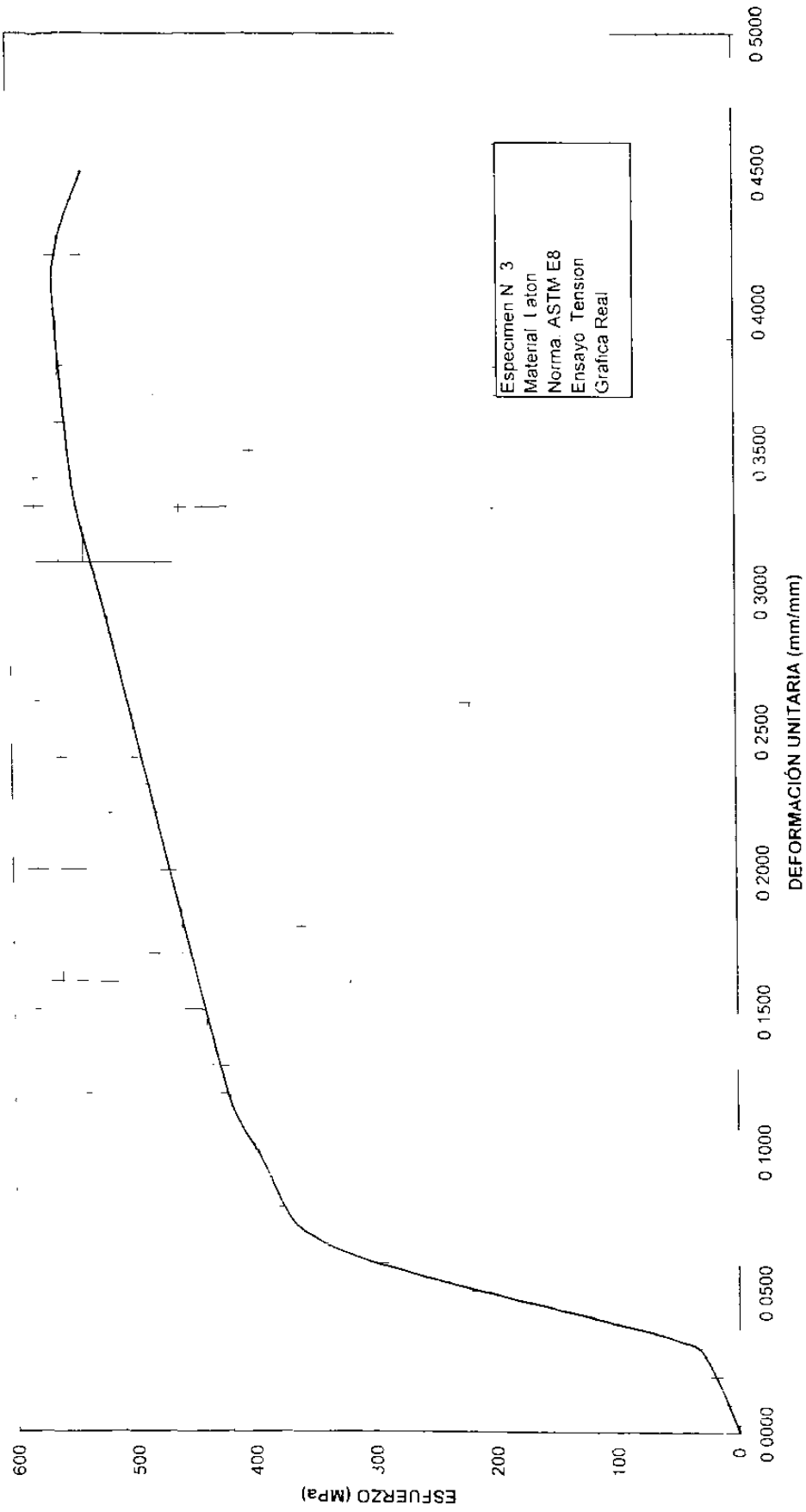
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 3					
MATERIAL	LATÓN					
ENSAYO:	DE TENSIÓN					
ESTANDAR	ASTM E8					
$L_0=$	51.530	mm		$L_f=$	64.135	mm
$D_0=$	12.770	mm		$D_f=$	8.99	mm
$A_0=$	128.13	mm ²		$A_f=$	63.46	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.43	200	2000	0.0169	16	0.0168	16
0.75	400	4000	0.0295	31	0.0291	32
0.83	600	6000	0.0327	47	0.0322	48
0.89	800	8000	0.0350	62	0.0344	65
0.94	1000	10000	0.0370	78	0.0363	81
0.98	1200	12000	0.0386	94	0.0379	97
1.03	1400	14000	0.0406	109	0.0398	114
1.08	1600	16000	0.0425	125	0.0416	130
1.12	1800	18000	0.0441	140	0.0431	147
1.17	2000	20000	0.0461	156	0.0450	163
1.21	2200	22000	0.0476	172	0.0465	180
1.26	2400	24000	0.0496	187	0.0484	197
1.30	2600	26000	0.0512	203	0.0499	213
1.35	2800	28000	0.0531	219	0.0518	230
1.40	3000	30000	0.0551	234	0.0537	247
1.45	3200	32000	0.0571	250	0.0555	264
1.51	3400	34000	0.0594	265	0.0577	281
1.56	3600	36000	0.0614	281	0.0596	298
1.63	3800	38000	0.0642	297	0.0622	316
1.71	4000	40000	0.0673	312	0.0652	333
1.82	4200	42000	0.0717	328	0.0692	351
2.01	4400	44000	0.0791	343	0.0762	371
2.62	4600	46000	0.1031	359	0.0982	396
3.26	4800	48000	0.1283	375	0.1208	423
8.63	5000	50000	0.3398	390	0.2925	523
2.18	4478	44780	0.0858	349	0.0823	379
2.52	4573	45730	0.0992	357	0.0946	392
2.98	4675	46750	0.1173	365	0.1109	408
3.48	4728	47280	0.1370	369	0.1284	420
3.86	4781	47810	0.1520	373	0.1415	430
4.20	4800	48000	0.1654	375	0.1530	437
4.65	4831	48310	0.1831	377	0.1681	446
5.44	4900	49000	0.2142	382	0.1941	464
7.01	4976	49760	0.2760	388	0.2437	496
10.10	5022	50220	0.3976	392	0.3348	548
11.20	4980	49800	0.4409	389	0.3653	560
8.63	5000	50000	0.3398	390	0.2925	523
12.80	4800	48000	0.5039	375	0.4081	563
13.37	4700	47000	0.5264	367	0.4229	560
13.78	4600	46000	0.5425	359	0.4334	554
14.44	4400	44000	0.5685	343	0.4501	539

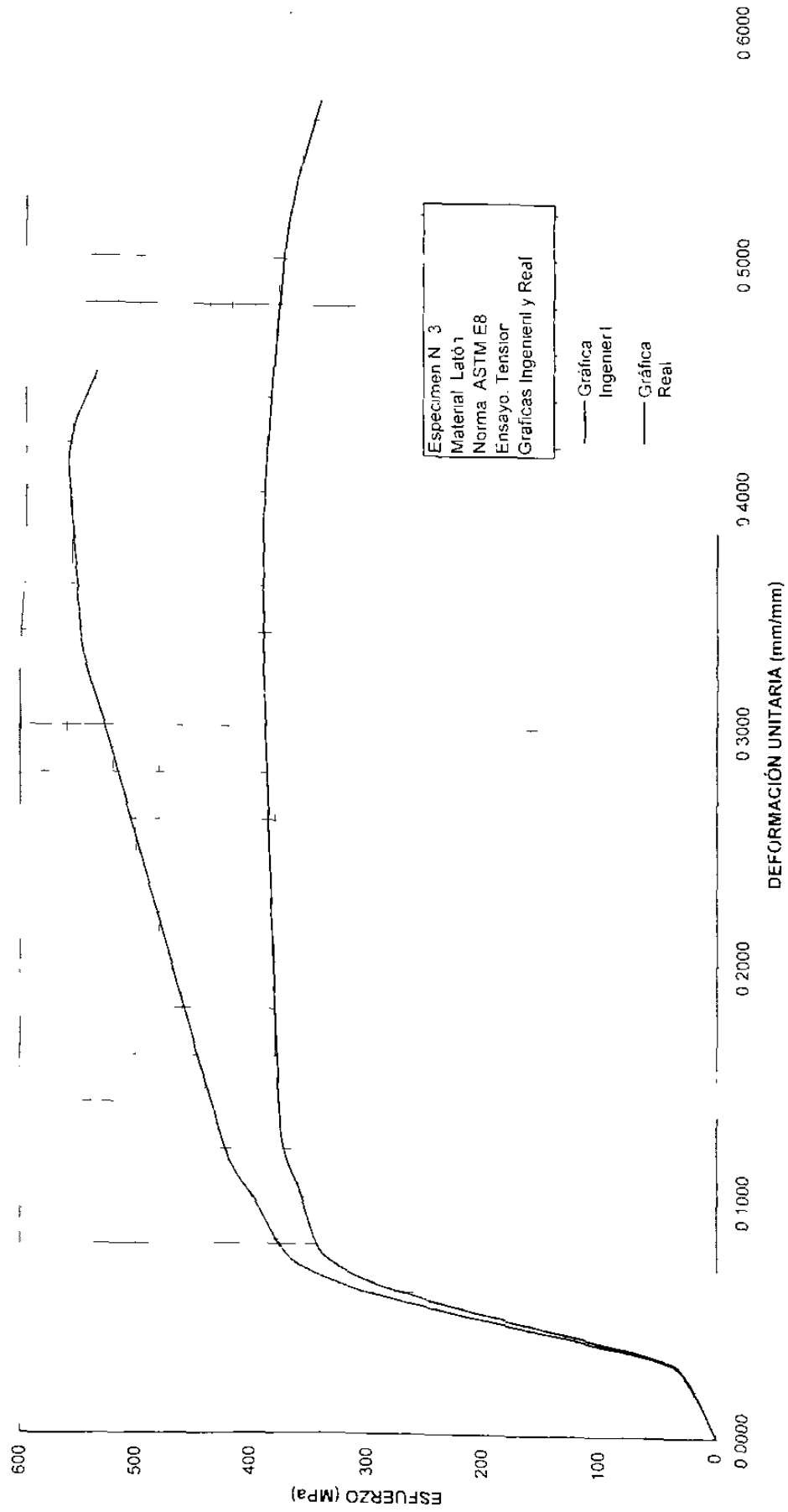
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



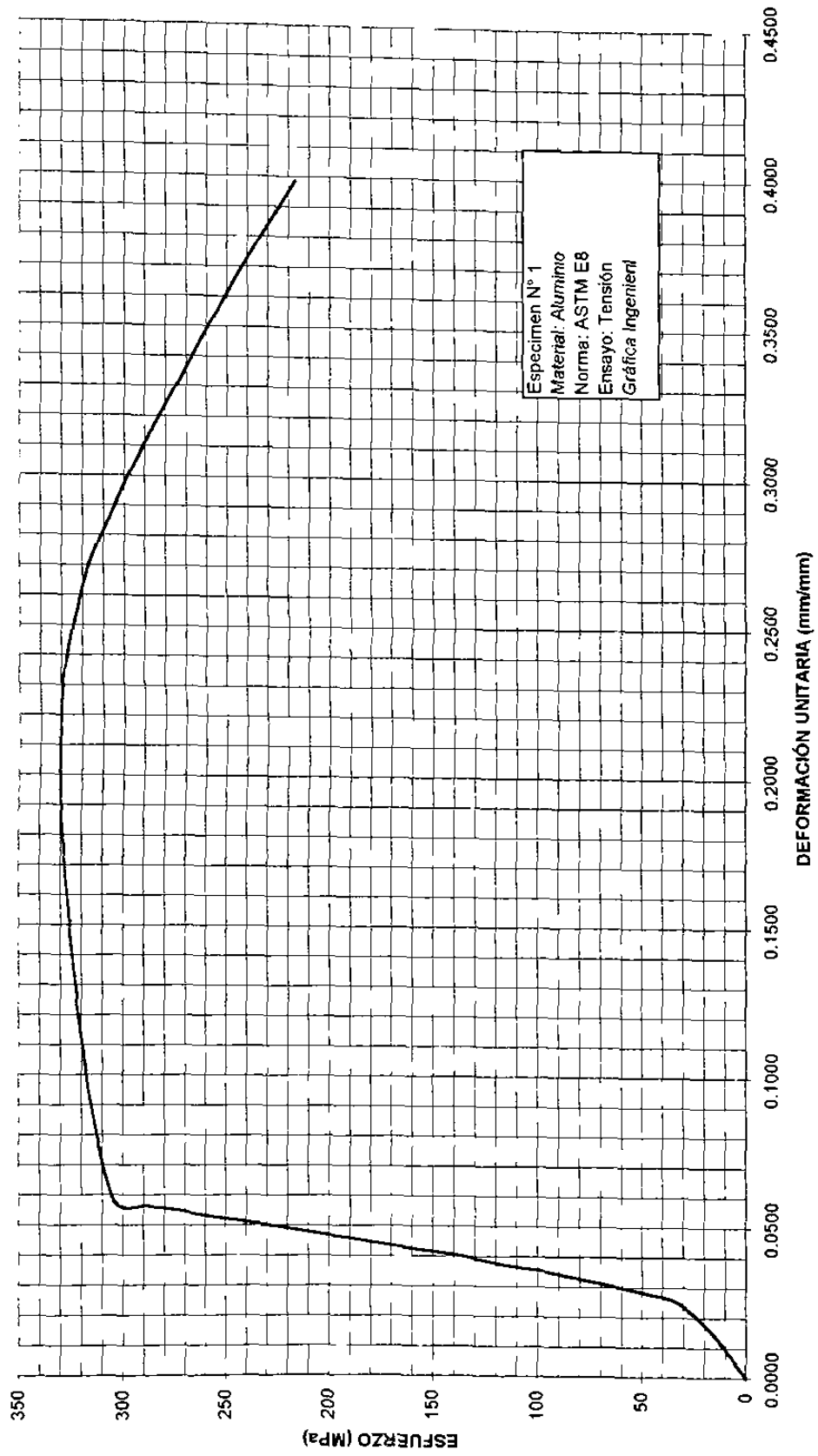
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



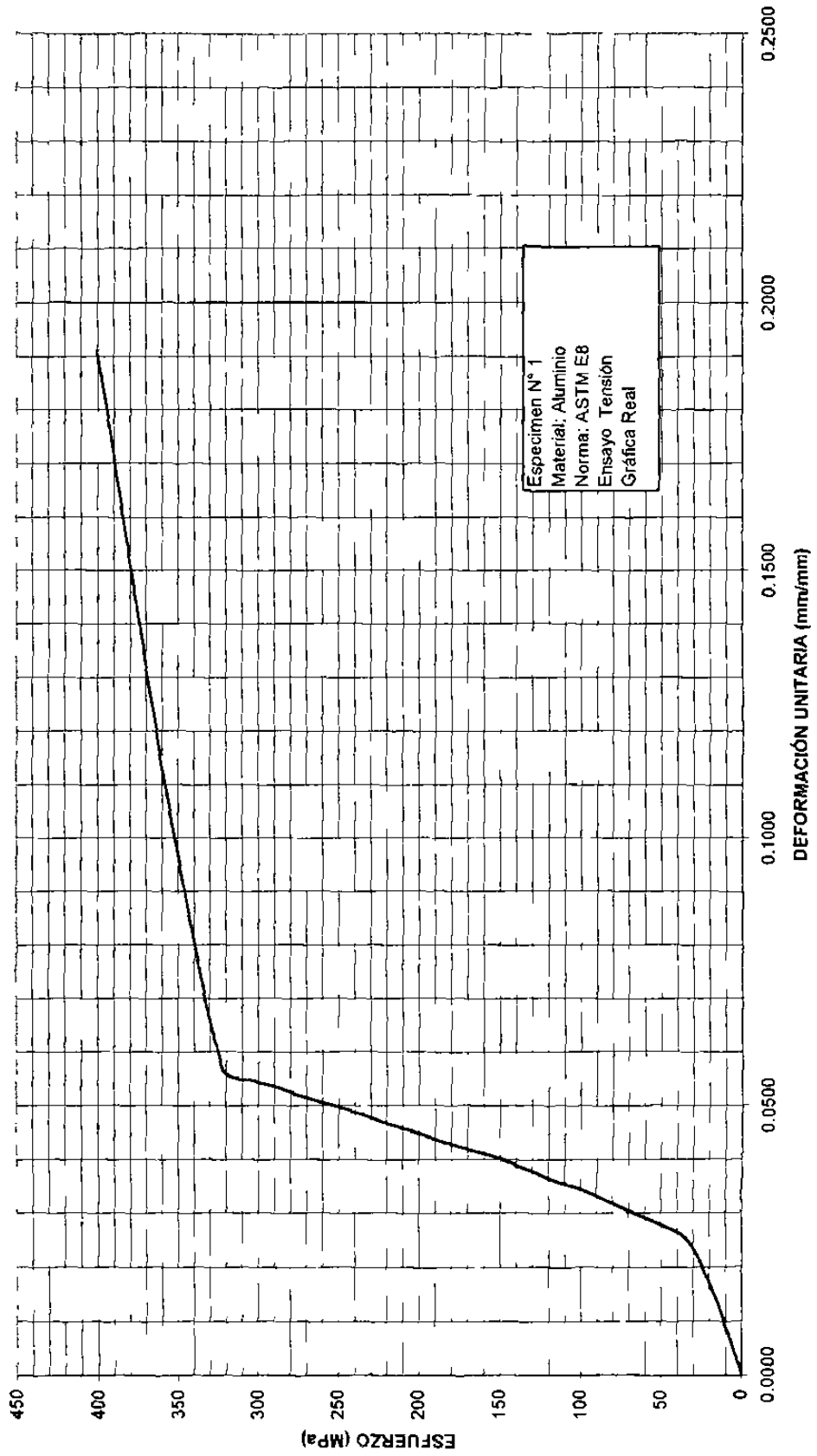
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 1					
MATERIAL	ALUMINIO					
ENSAYO:	DE TENSION					
ESTÁNDAR:	ASTM E8					
$L_0=$	50.900	mm		$L_f=$	61.14	mm
$D_0=$	12.600	mm		$D_f=$	8.15	mm
$A_0=$	124.69	mm ²		$A_f=$	52.17	mm ²
Velocidad del ensayo.	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.37	200	2000	0.0146	16	0.0145	16
0.63	400	4000	0.0248	32	0.0245	33
0.71	600	6000	0.0280	48	0.0276	49
0.77	800	8000	0.0303	64	0.0299	66
0.83	1000	10000	0.0327	80	0.0322	83
0.89	1200	12000	0.0350	96	0.0344	100
0.93	1400	14000	0.0366	112	0.0360	116
0.99	1600	16000	0.0390	128	0.0382	133
1.04	1800	18000	0.0409	144	0.0401	150
1.08	2000	20000	0.0425	160	0.0416	167
1.12	2200	22000	0.0441	176	0.0431	184
1.17	2400	24000	0.0461	192	0.0450	201
1.21	2600	26000	0.0476	209	0.0465	218
1.26	2800	28000	0.0496	225	0.0484	236
1.30	3000	30000	0.0512	241	0.0499	253
1.34	3200	32000	0.0528	257	0.0514	270
1.39	3400	34000	0.0547	273	0.0533	288
1.43	3600	36000	0.0563	289	0.0548	305
1.49	3800	38000	0.0587	305	0.0570	323
2.97	4000	40000	0.1169	321	0.1106	358
5.35	4122	41220	0.2106	331	0.1911	400
6.62	4000	40000	0.2606	321		
7.35	3800	38000	0.2894	305		
7.94	3600	36000	0.3126	289		
8.45	3400	34000	0.3327	273		
8.97	3200	32000	0.3531	257		
9.45	3000	30000	0.3720	241		
10.13	2700	27000	0.3988	217		

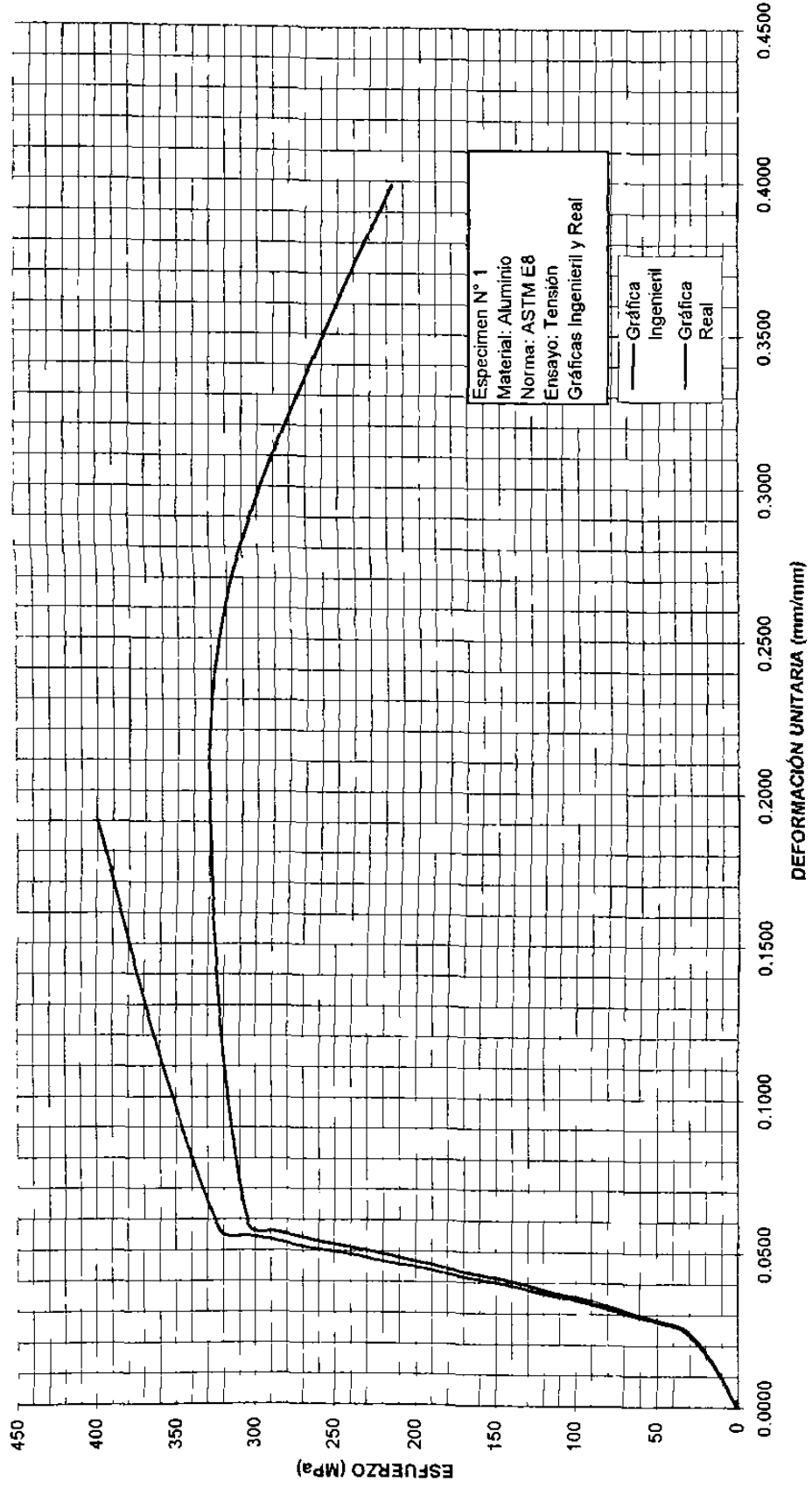
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



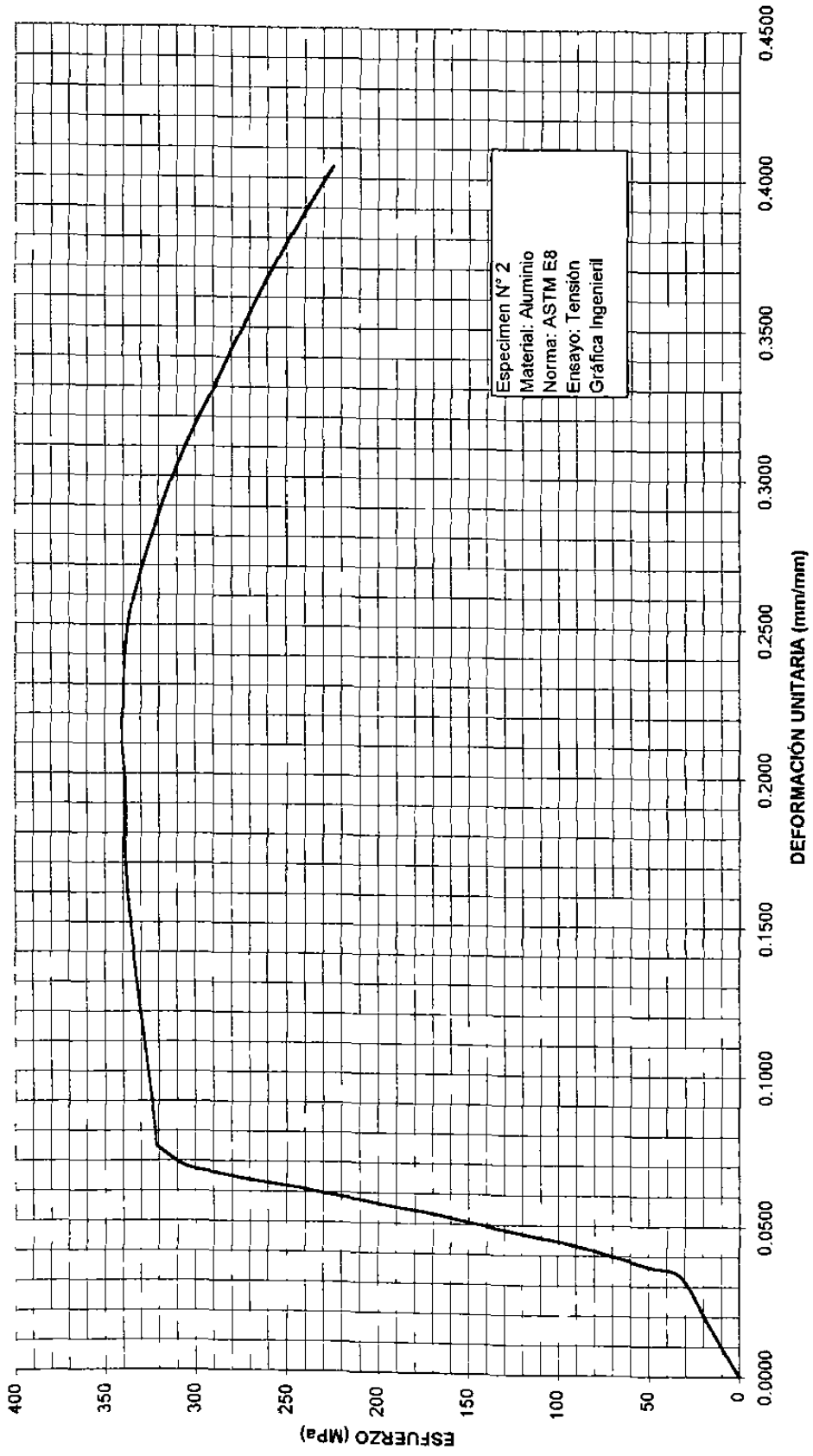
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



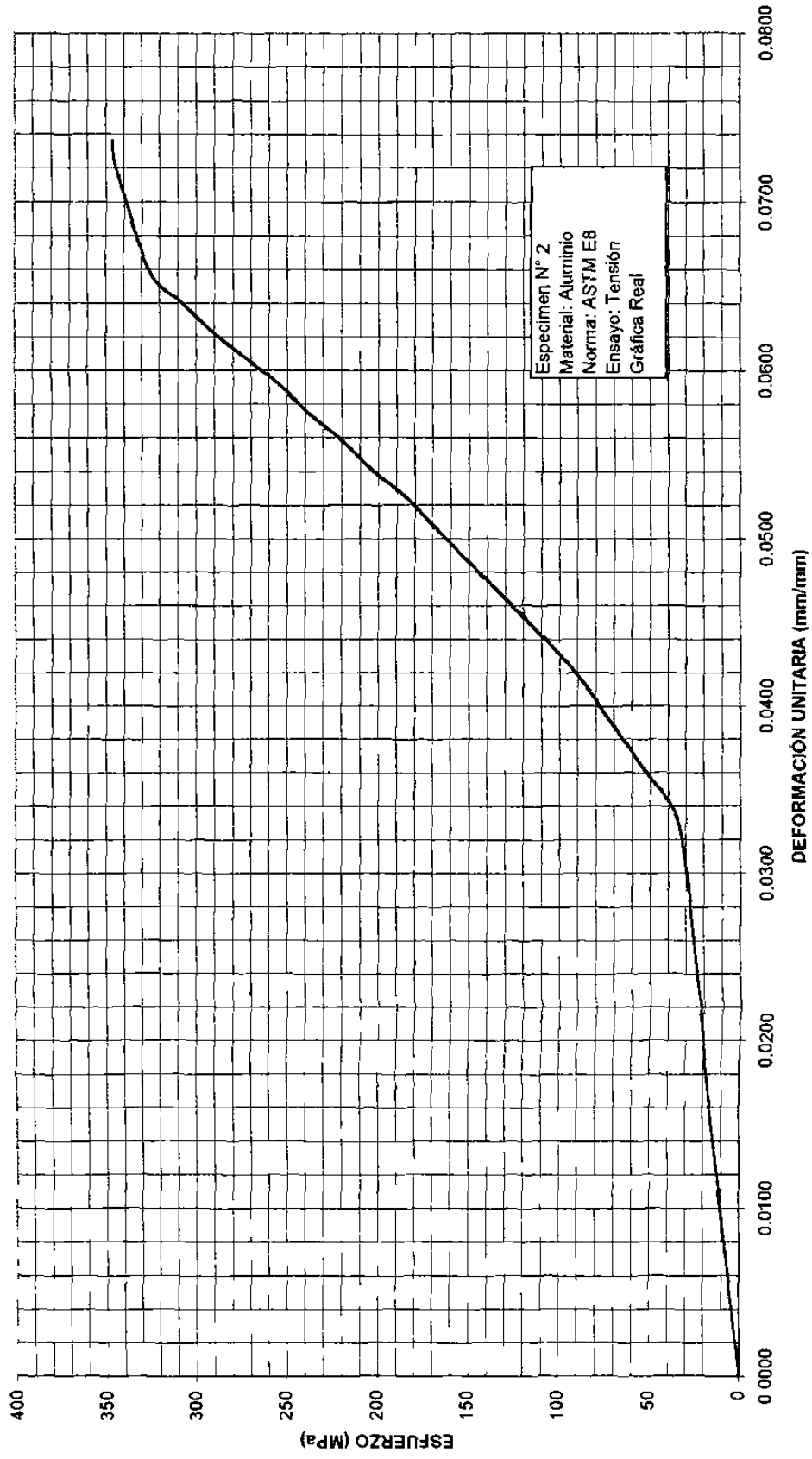
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 2					
MATERIAL	ALUMINIO					
ENSAYO:	DE TENSION					
ESTÁNDAR:	ASTM E8					
L ₀ =	50.900	mm		L _r =	59.74	mm
D ₀ =	12.600	mm		D _r =	8.15	mm
A ₀ =	124.69	mm ²		A _r =	52.17	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.41	200	2000	0.0161	16	0.0160	16
0.84	400	4000	0.0331	32	0.0325	33
0.92	600	6000	0.0362	48	0.0356	50
0.99	800	8000	0.0390	64	0.0382	67
1.06	1000	10000	0.0417	80	0.0409	84
1.12	1200	12000	0.0441	96	0.0431	100
1.17	1400	14000	0.0461	112	0.0450	117
1.22	1600	16000	0.0480	128	0.0469	134
1.27	1800	18000	0.0500	144	0.0488	152
1.32	2000	20000	0.0520	160	0.0507	169
1.37	2200	22000	0.0539	176	0.0525	186
1.41	2400	24000	0.0555	192	0.0540	203
1.46	2600	26000	0.0575	209	0.0559	221
1.50	2800	28000	0.0591	225	0.0574	238
1.55	3000	30000	0.0610	241	0.0592	255
1.59	3200	32000	0.0626	257	0.0607	273
1.63	3400	34000	0.0642	273	0.0622	290
1.68	3600	36000	0.0661	289	0.0640	308
1.73	3800	38000	0.0681	305	0.0659	326
1.90	4000	40000	0.0748	321	0.0721	345
1.94	4009	40090	0.0764	322	0.0736	346
2.06	4018	40180	0.0811	322		
4.00	4200	42000	0.1575	337		
4.89	4220	42200	0.1925	338		
5.46	4242	42420	0.2150	340		
6.36	4200	42000	0.2504	337		
7.25	4000	40000	0.2854	321		
7.89	3800	38000	0.3106	305		
8.40	3600	36000	0.3307	289		
8.92	3400	34000	0.3512	273		
9.41	3200	32000	0.3705	257		
9.86	3000	30000	0.3882	241		
10.26	2800	28000	0.4039	225		

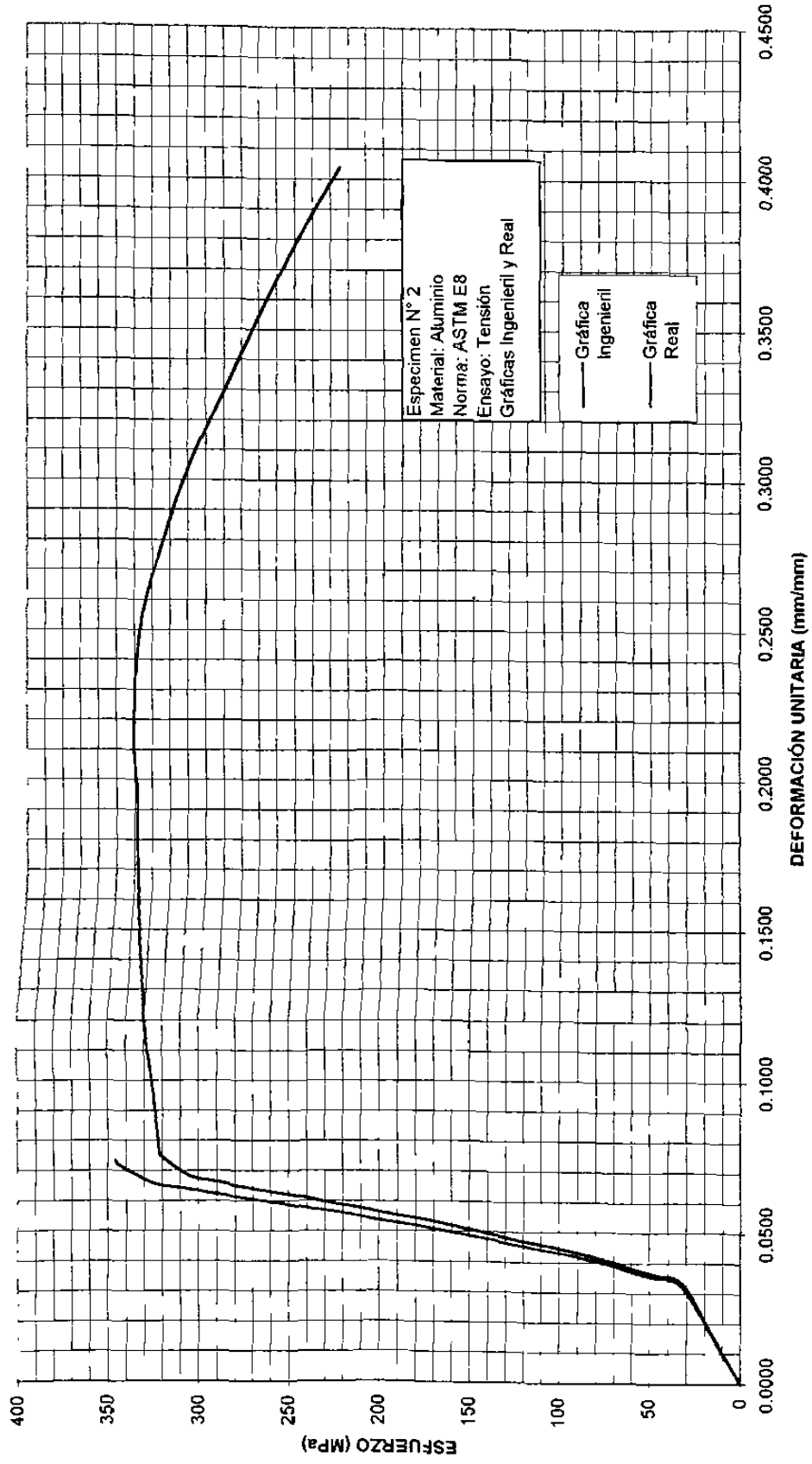
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



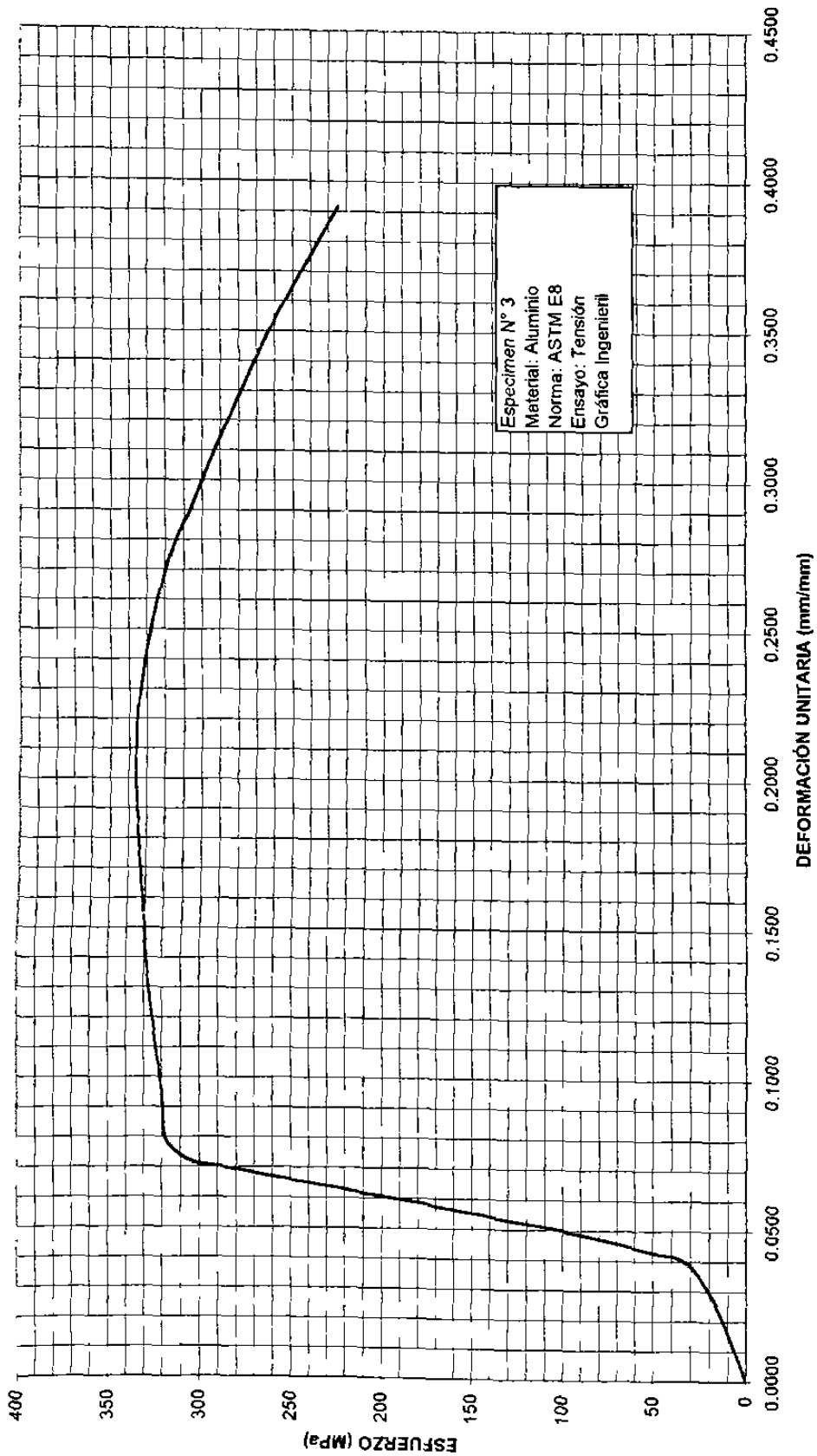
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



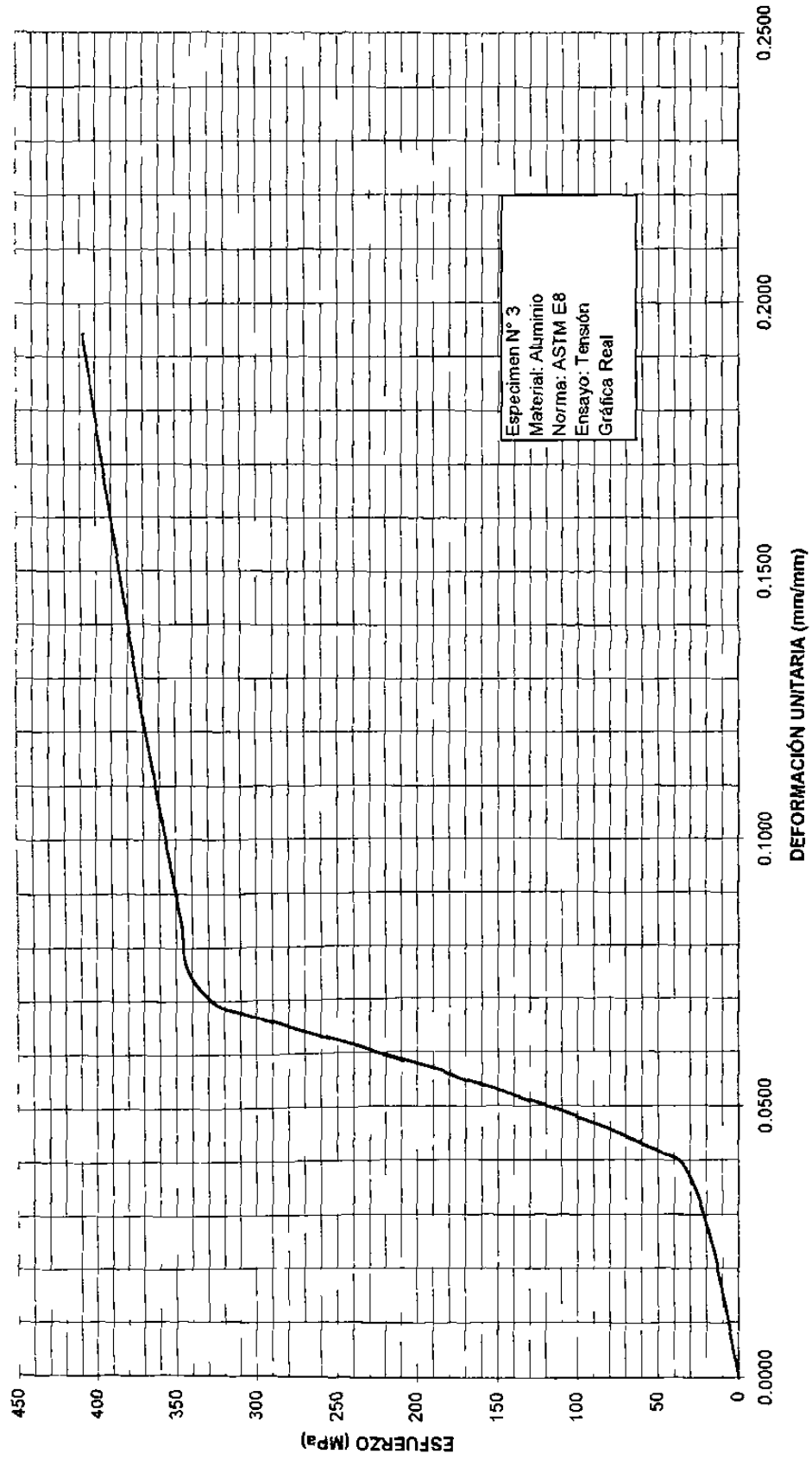
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 3					
MATERIAL	ALUMINIO					
ENSAYO:	DE TENSIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E8					
$L_0=$	50.950	mm		$L_f=$	60.12	mm
$D_0=$	12.600	mm		$D_f=$	8.66	mm
$A_0=$	124.69	mm ²		$A_f=$	58.90	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.63	200	2000	0.0248	16	0.0245	16
1.00	400	4000	0.0394	32	0.0386	33
1.08	600	6000	0.0425	48	0.0416	50
1.14	800	8000	0.0449	64	0.0439	67
1.20	1000	10000	0.0472	80	0.0462	84
1.25	1200	12000	0.0492	96	0.0480	101
1.30	1400	14000	0.0512	112	0.0499	118
1.34	1600	16000	0.0528	128	0.0514	135
1.39	1800	18000	0.0547	144	0.0533	152
1.43	2000	20000	0.0563	160	0.0548	169
1.48	2200	22000	0.0583	176	0.0566	187
1.52	2400	24000	0.0598	192	0.0581	204
1.56	2600	26000	0.0614	209	0.0596	221
1.61	2800	28000	0.0634	225	0.0615	239
1.65	3000	30000	0.0650	241	0.0629	256
1.69	3200	32000	0.0665	257	0.0644	274
1.74	3400	34000	0.0685	273	0.0663	291
1.78	3600	36000	0.0701	289	0.0677	309
1.83	3800	38000	0.0720	305	0.0696	327
2.00	3960	39600	0.0787	318	0.0758	343
2.25	3975	39750	0.0886	319	0.0849	347
2.30	3979	39790	0.0906	319	0.0867	348
2.51	4000	40000	0.0988	321	0.0942	352
3.58	4100	41000	0.1409	329	0.1319	375
5.45	4188	41880	0.2146	336	0.1944	408
6.78	4000	40000	0.2669	321		
7.43	3800	38000	0.2925	305		
8.02	3600	36000	0.3157	289		
8.58	3400	34000	0.3378	273		
9.08	3200	32000	0.3575	257		
9.52	3000	30000	0.3748	241		
9.95	2800	28000	0.3917	225		

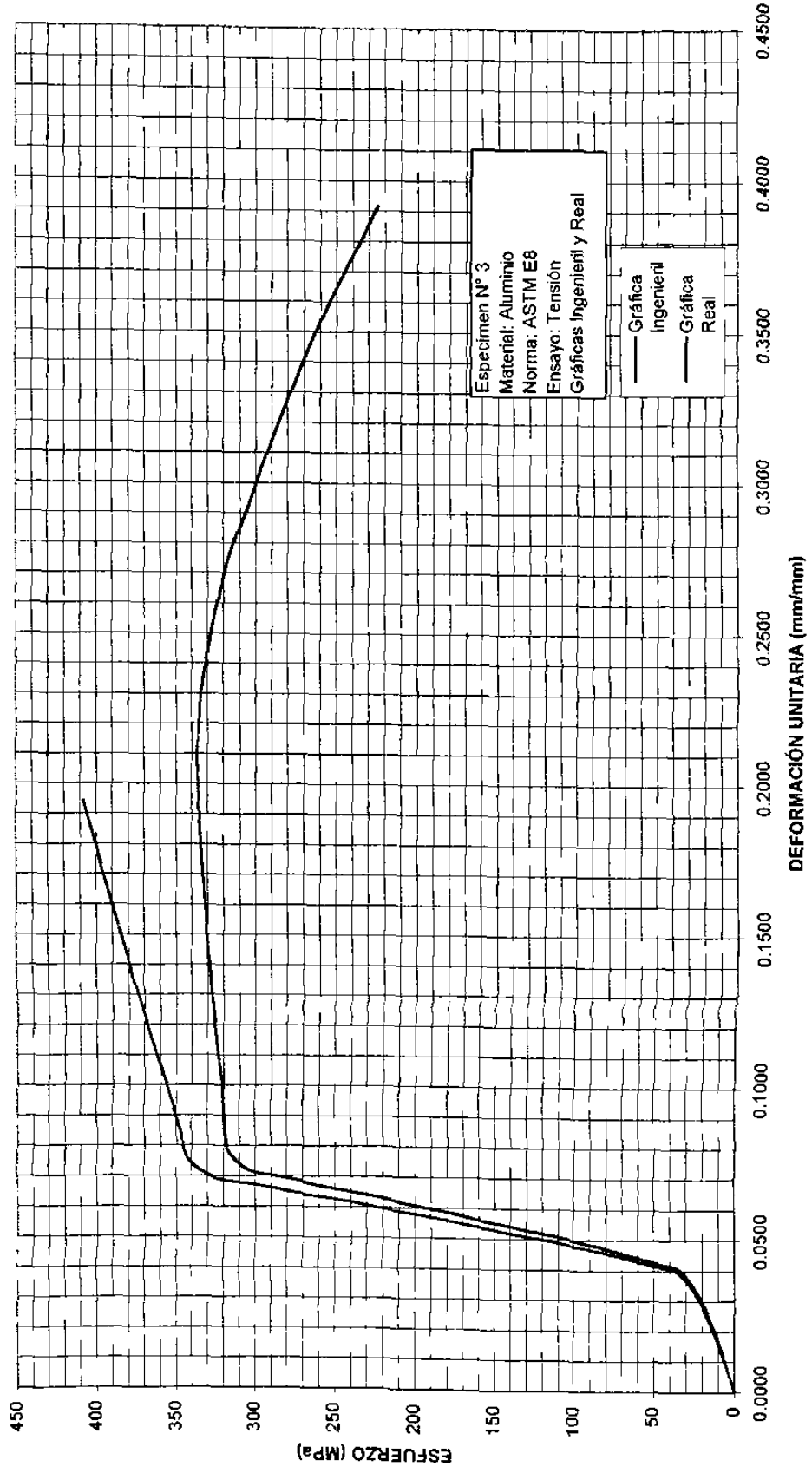
ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE TENSIÓN



5.2. Ensayos estáticos de Compresión

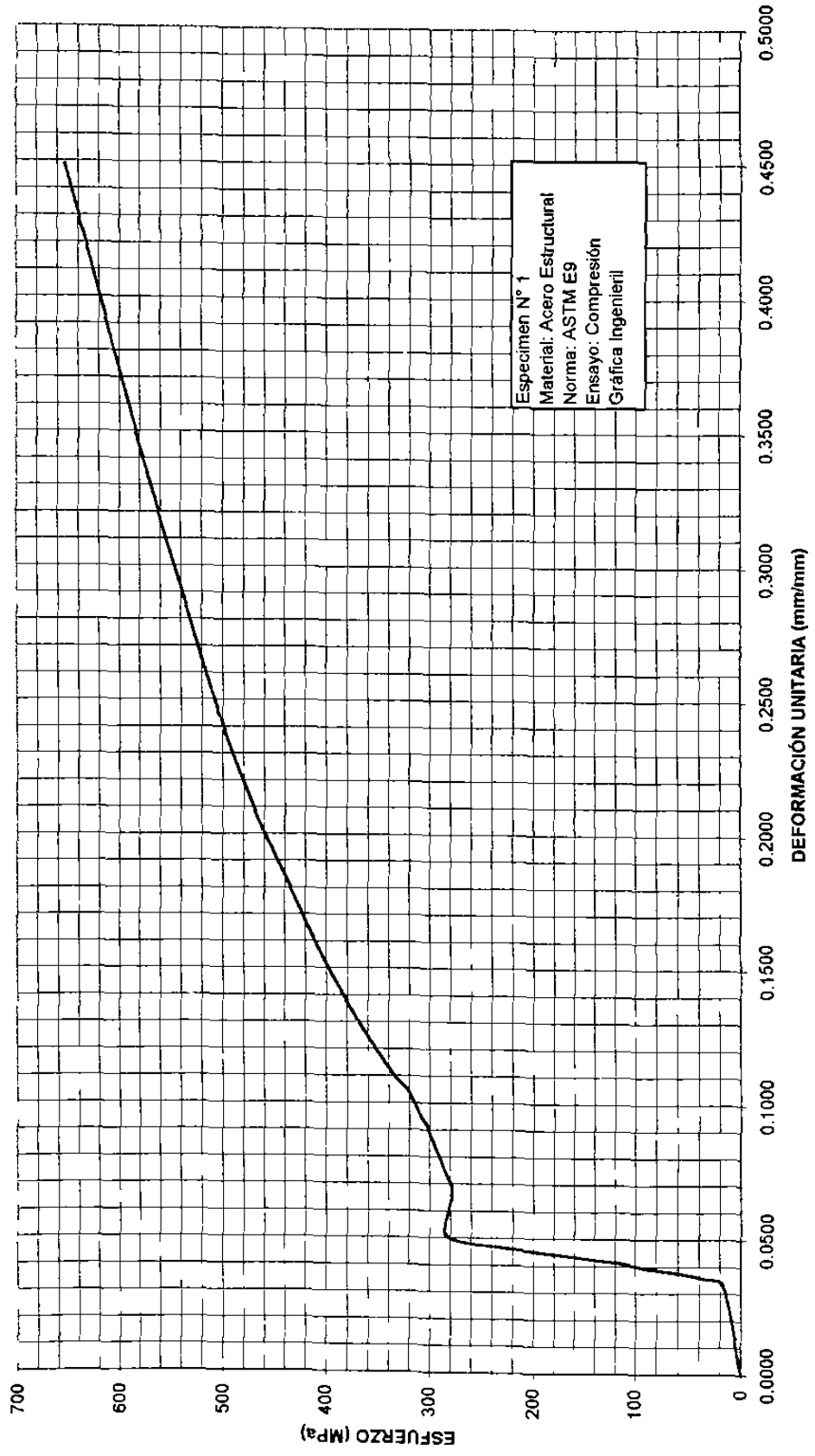
En los ensayos estáticos de compresión se obtuvieron las siguientes bitácoras de los ensayos, considerando cada una de ellas los datos iniciales de la pieza y el material a probar.

En cada bitácora se registro las lecturas de carga contra deformación y a partir de estos datos se procedió a calcular la deformación ingenieril, el esfuerzo real en cada uno de las piezas de de cada material, con los cuales se realizaron las gráficas de comportamiento ingenieriles y reales y las amplificadas hasta cadencia.

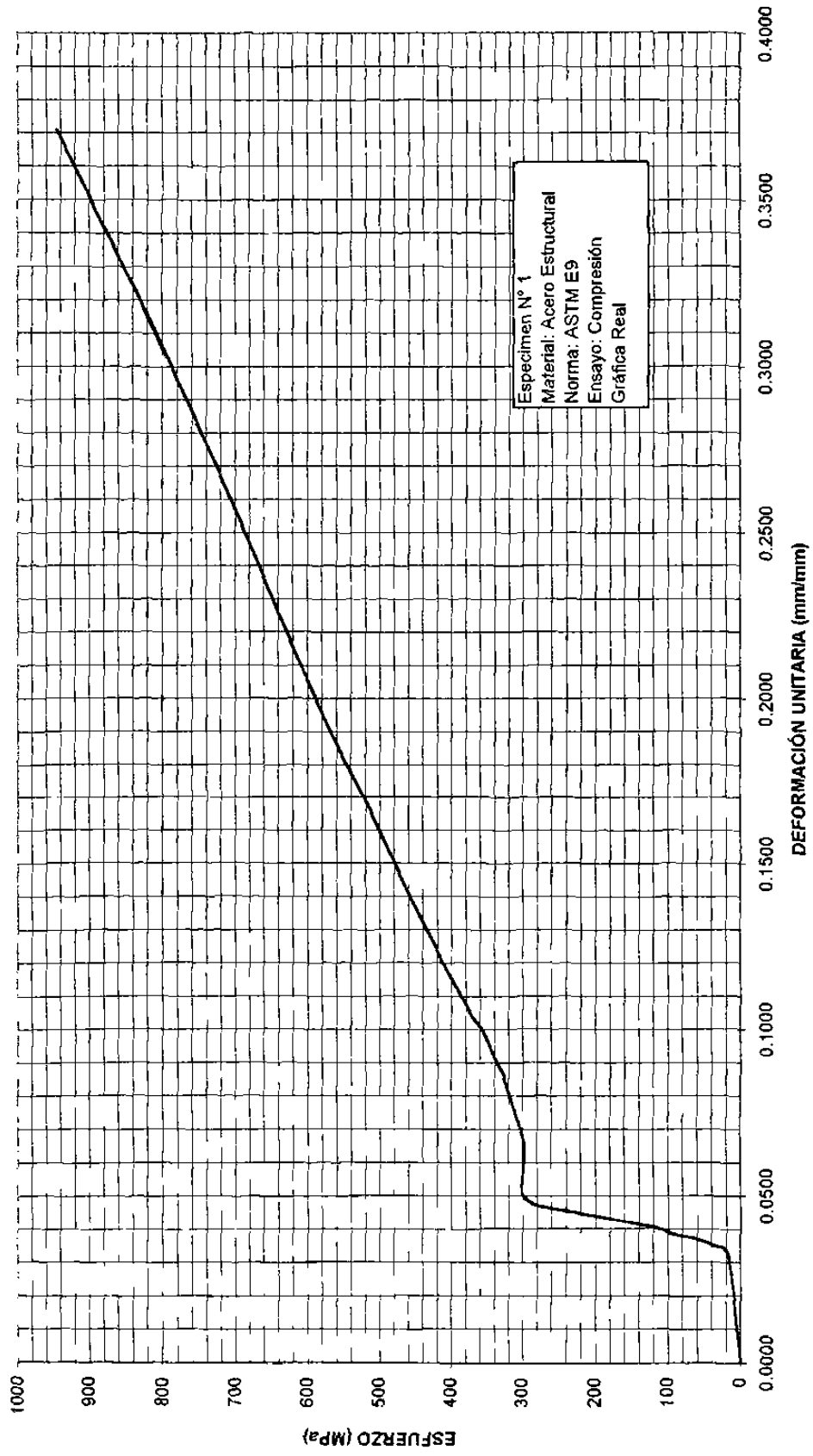
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 1					
MATERIAL	ACERO ESTRUCTURAL					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0=$	57.600	mm		$L_f=$	47.800	mm
$D_0=$	19.300	mm		$D_f=$	21.200	mm
$A_0=$	292.553	mm ²		$A_f=$	352.989	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.84	500	4905	0.0331	17	0.0325	17
0.90	1000	9810	0.0354	34	0.0348	35
0.94	1500	14715	0.0370	50	0.0363	52
0.97	2000	19620	0.0382	67	0.0375	70
0.99	2500	24525	0.0390	84	0.0382	87
1.02	3000	29430	0.0402	101	0.0394	105
1.05	3500	34335	0.0413	117	0.0405	122
1.07	4000	39240	0.0421	134	0.0413	140
1.09	4500	44145	0.0429	151	0.0420	157
1.11	5000	49050	0.0437	168	0.0428	175
1.13	5500	53955	0.0445	184	0.0435	193
1.15	6000	58860	0.0453	201	0.0443	210
1.17	6500	63765	0.0461	218	0.0450	228
1.19	7000	68670	0.0469	235	0.0458	246
1.23	8000	78480	0.0484	268	0.0473	281
1.30	8500	83385	0.0512	285	0.0499	300
1.39	8517	83552	0.0547	286	0.0533	301
1.70	8300	81423	0.0669	278	0.0648	297
1.90	8517	83552	0.0748	286	0.0721	307
2.30	9000	88290	0.0906	302	0.0867	329
2.40	9200	90252	0.0945	308	0.0903	338
2.66	9600	94176	0.1047	322	0.0996	356
2.80	10000	98100	0.1102	335	0.1046	372
3.30	11000	107910	0.1299	369	0.1221	417
3.90	12000	117720	0.1535	402	0.1428	464
4.60	13000	127530	0.1811	436	0.1664	515
5.30	14000	137340	0.2087	469	0.1895	567
6.20	15000	147150	0.2441	503	0.2184	626
7.30	16000	156960	0.2874	537	0.2526	691
8.40	17000	166770	0.3307	570	0.2857	759
9.60	18000	176580	0.3780	604	0.3206	832
11.40	19469	190991	0.4488	653	0.3707	946

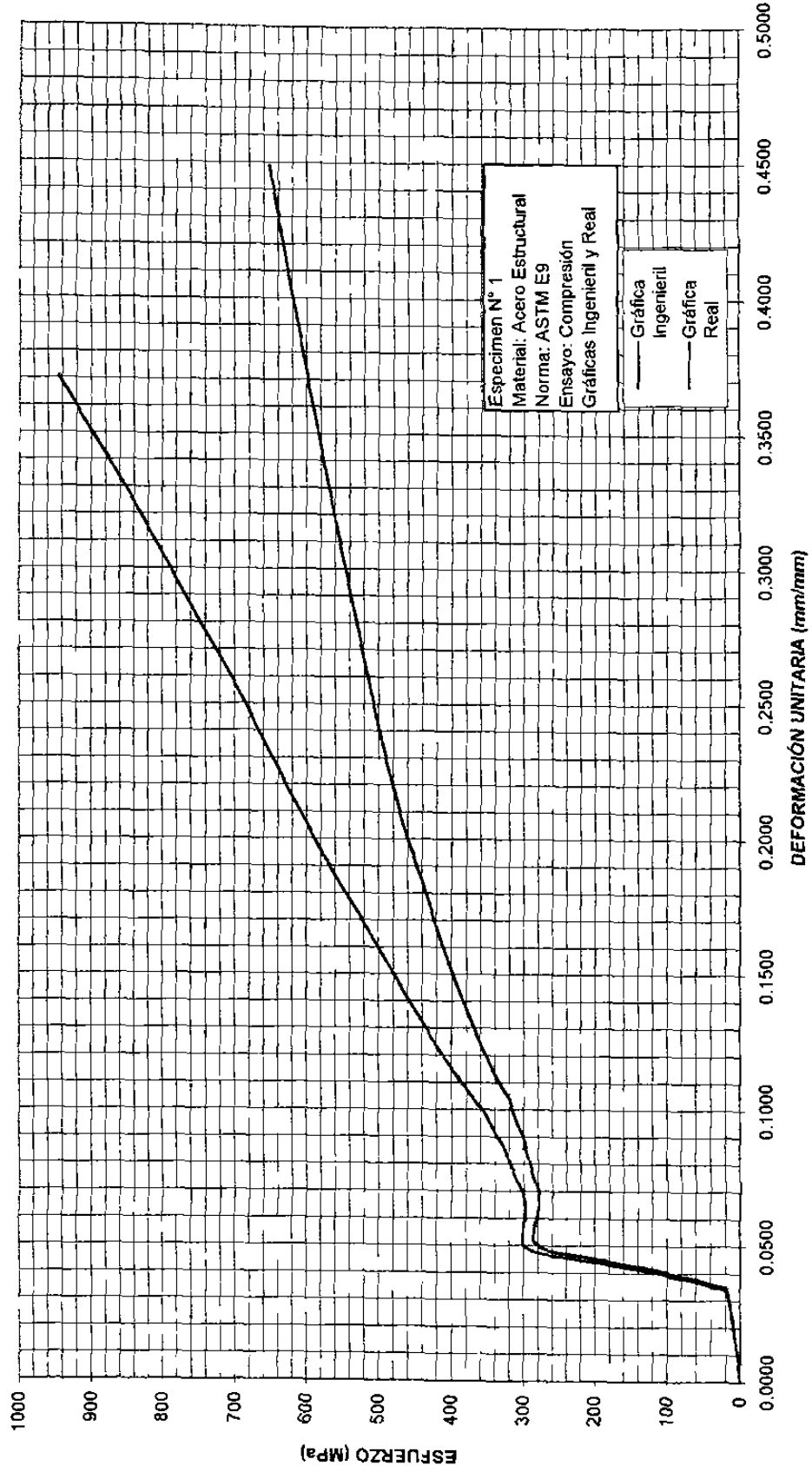
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



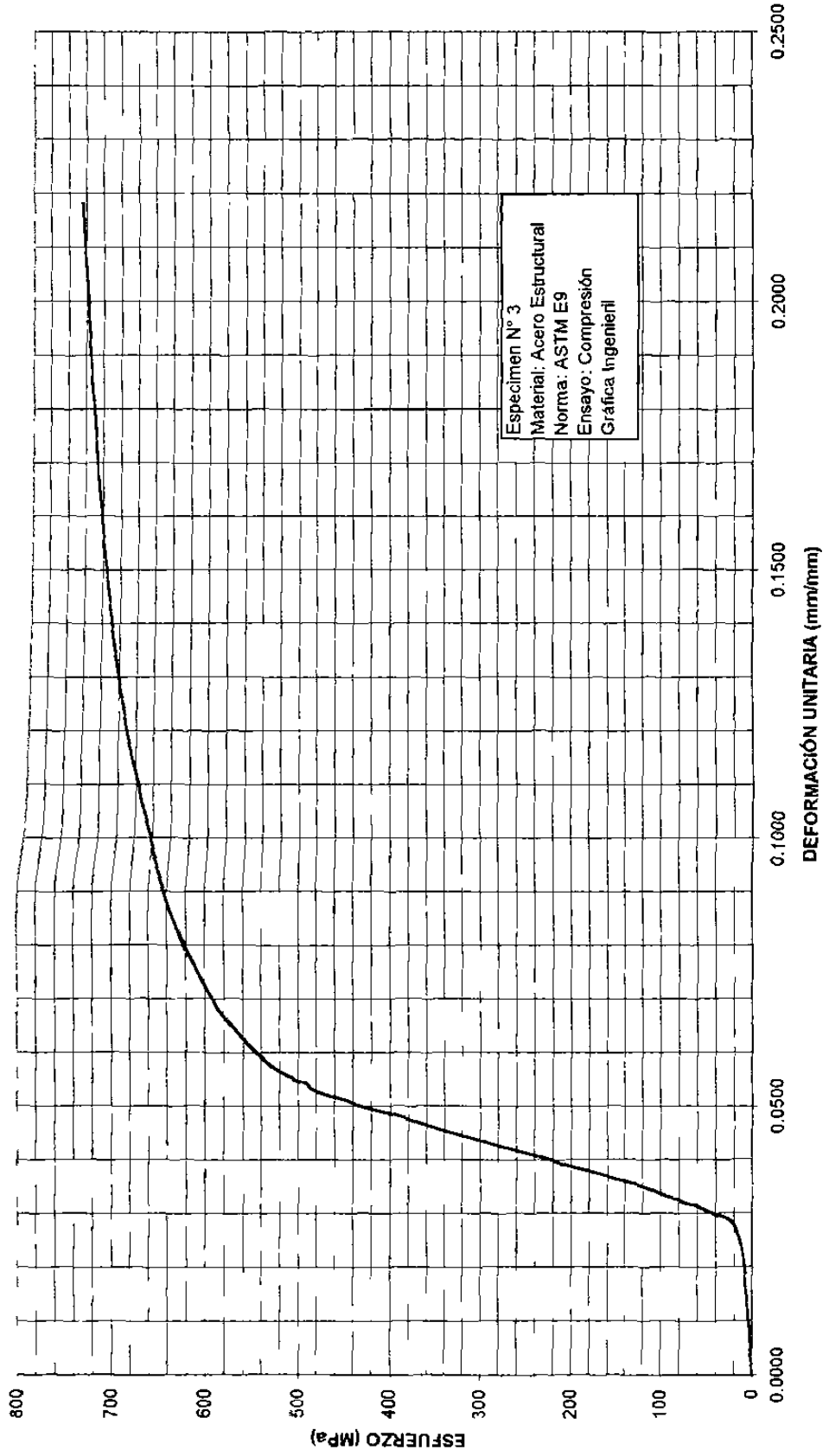
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN N° 2						
MATERIAL	ACERO ESTRUCTURAL					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0 =$	57.530	mm		$L_f =$	51.530	mm
$D_0 =$	18.890	mm		$D_f =$	20.060	mm
$A_0 =$	280.255	mm ²		$A_f =$	316.047	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.37	200	1961	0.0146	7	0.0145	7
0.67	400	3923	0.0264	14	0.0260	14
0.92	600	5884	0.0362	21	0.0356	22
0.95	800	7845	0.0374	28	0.0367	29
0.97	1000	9807	0.0382	35	0.0375	36
0.98	1200	11768	0.0386	42	0.0379	44
0.99	1400	13729	0.0390	49	0.0382	51
1.01	1600	15691	0.0398	56	0.0390	58
1.02	1800	17652	0.0402	63	0.0394	66
1.03	2000	19613	0.0406	70	0.0398	73
1.04	2200	21575	0.0409	77	0.0401	80
1.05	2400	23536	0.0413	84	0.0405	87
1.06	2600	25497	0.0417	91	0.0409	95
1.07	2800	27459	0.0421	98	0.0413	102
1.08	3000	29420	0.0425	105	0.0416	109
1.09	3200	31381	0.0429	112	0.0420	117
1.10	3400	33343	0.0433	119	0.0424	124
1.11	3600	35304	0.0437	126	0.0428	131
1.12	3800	37265	0.0441	133	0.0431	139
1.13	4000	39227	0.0445	140	0.0435	146
1.136	4200	41188	0.0447	147	0.0438	154
1.14	4400	43149	0.0449	154	0.0439	161
1.15	4600	45111	0.0453	161	0.0443	168
1.16	4800	47072	0.0457	168	0.0447	176
1.17	5000	49033	0.0461	175	0.0450	183
1.18	5200	50995	0.0465	182	0.0454	190
1.186	5400	52956	0.0467	189	0.0456	198
1.19	5600	54917	0.0469	196	0.0458	205
1.20	5800	56879	0.0472	203	0.0462	213
1.21	6000	58840	0.0476	210	0.0465	220
1.22	6200	60801	0.0480	217	0.0469	227
1.23	6400	62763	0.0484	224	0.0473	235
1.237	6600	64724	0.0487	231	0.0476	242
1.24	6800	66685	0.0488	238	0.0477	250
1.25	7000	68647	0.0492	245	0.0480	257
1.26	7200	70608	0.0496	252	0.0484	264
1.30	8200	80415	0.0512	287	0.0499	302
1.31	8400	82376	0.0516	294	0.0503	309
1.32	8600	84337	0.0520	301	0.0507	317
1.33	8800	86299	0.0524	308	0.0510	324
1.337	9000	88260	0.0526	315	0.0513	332
1.34	9200	90221	0.0528	322	0.0514	339
1.35	9400	92183	0.0531	329	0.0518	346
1.36	9600	94144	0.0535	336	0.0522	354
1.37	9800	96105	0.0539	343	0.0525	361
1.38	10000	98067	0.0543	350	0.0529	369
1.39	10200	100028	0.0547	357	0.0533	376
1.40	10400	101989	0.0551	364	0.0537	384
1.41	10600	103950	0.0555	371	0.0540	392
1.42	10800	105912	0.0559	378	0.0544	399
1.44	11000	107873	0.0567	385	0.0551	407
1.49	10500	102970	0.0587	367	0.0570	389
1.52	10400	101989	0.0598	364	0.0581	386
1.57	10250	100518	0.0618	359	0.0600	381
1.70	10400	101989	0.0669	364	0.0648	388
2.29	11000	107873	0.0902	385	0.0863	420
2.43	11400	111796	0.0957	399	0.0914	437

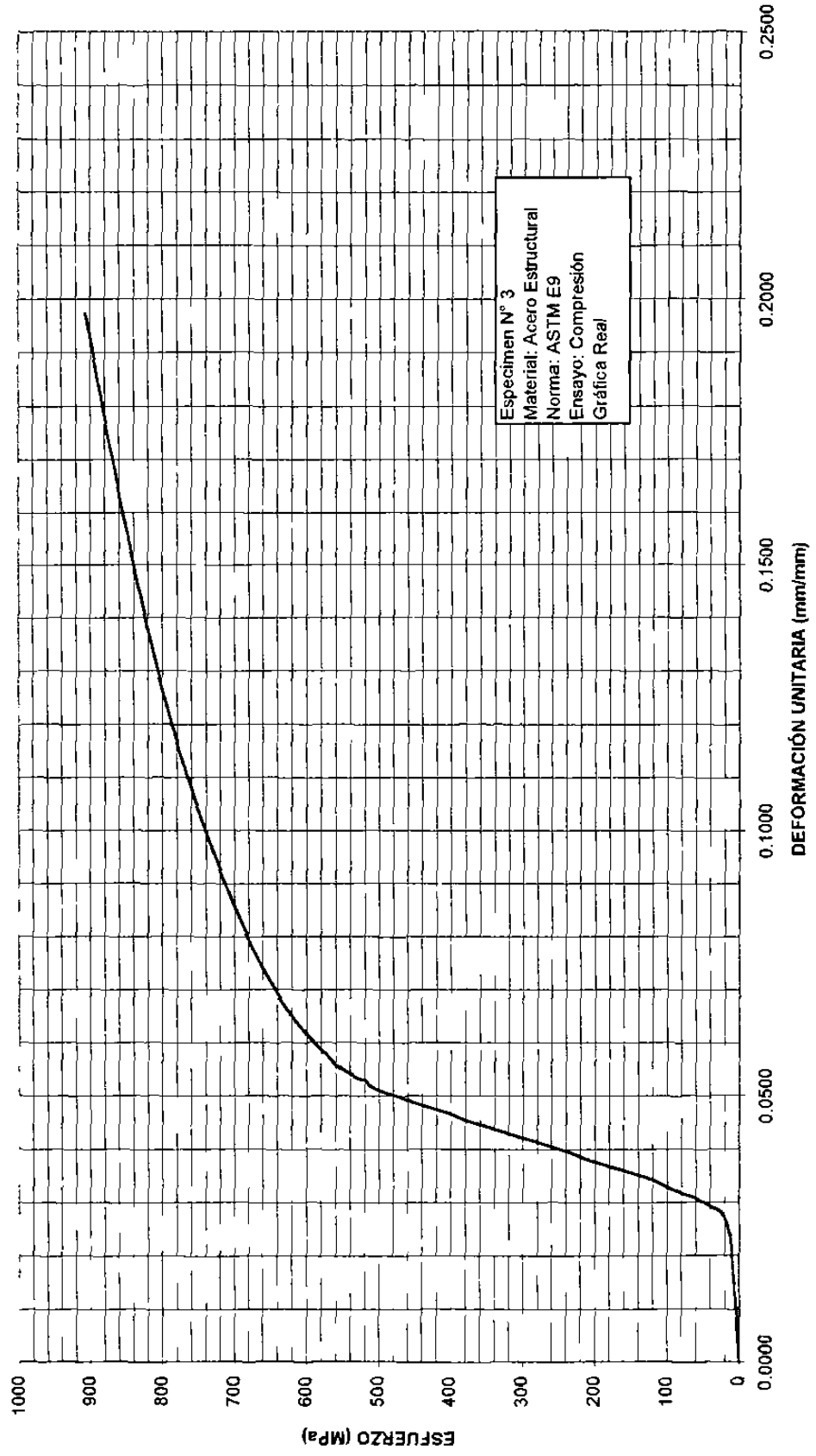
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 2					
MATERIAL	ACERO ESTRUCTURAL					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0=$	57.530	mm		$L_f=$	51.530	mm
$D_0=$	18.890	mm		$D_f=$	20.060	mm
$A_0=$	280.255	mm ²		$A_f=$	316.047	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
2.49	11600	113757	0.0980	406	0.0935	446
2.56	11800	115718	0.1008	413	0.0960	455
2.63	12000	117680	0.1035	420	0.0985	463
2.80	12500	122583	0.1102	437	0.1046	486
3.00	13000	127486	0.1181	455	0.1116	509
3.21	13500	132390	0.1264	472	0.1190	532
3.43	14000	137293	0.1350	490	0.1267	556
3.88	15000	147100	0.1528	525	0.1422	605
4.41	16000	156906	0.1736	560	0.1601	657
5.03	17000	166713	0.1980	595	0.1807	713
5.77	18000	176520	0.2272	630	0.2047	773
6.56	19000	186326	0.2583	665	0.2297	837
7.48	20000	196133	0.2945	700	0.2581	906

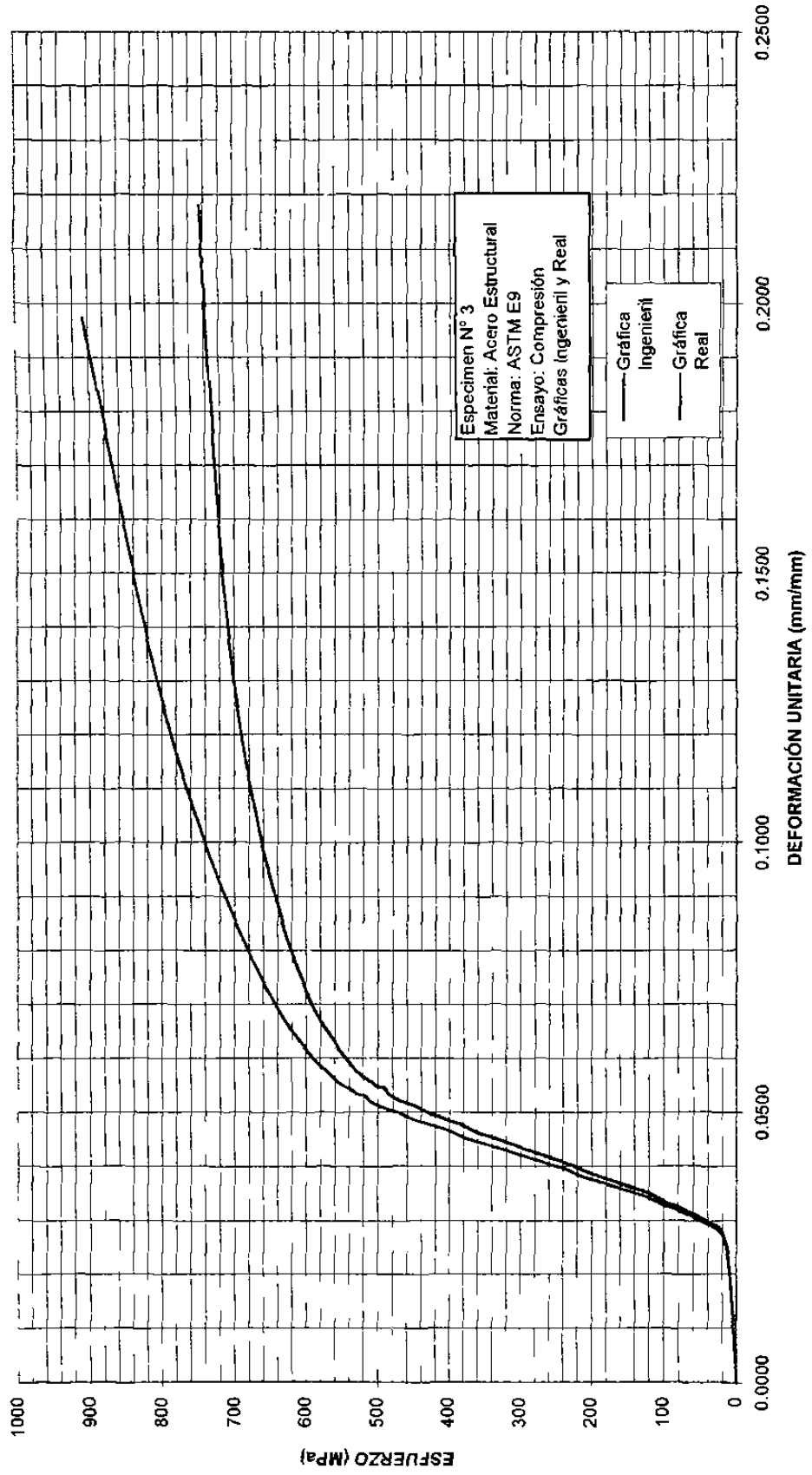
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



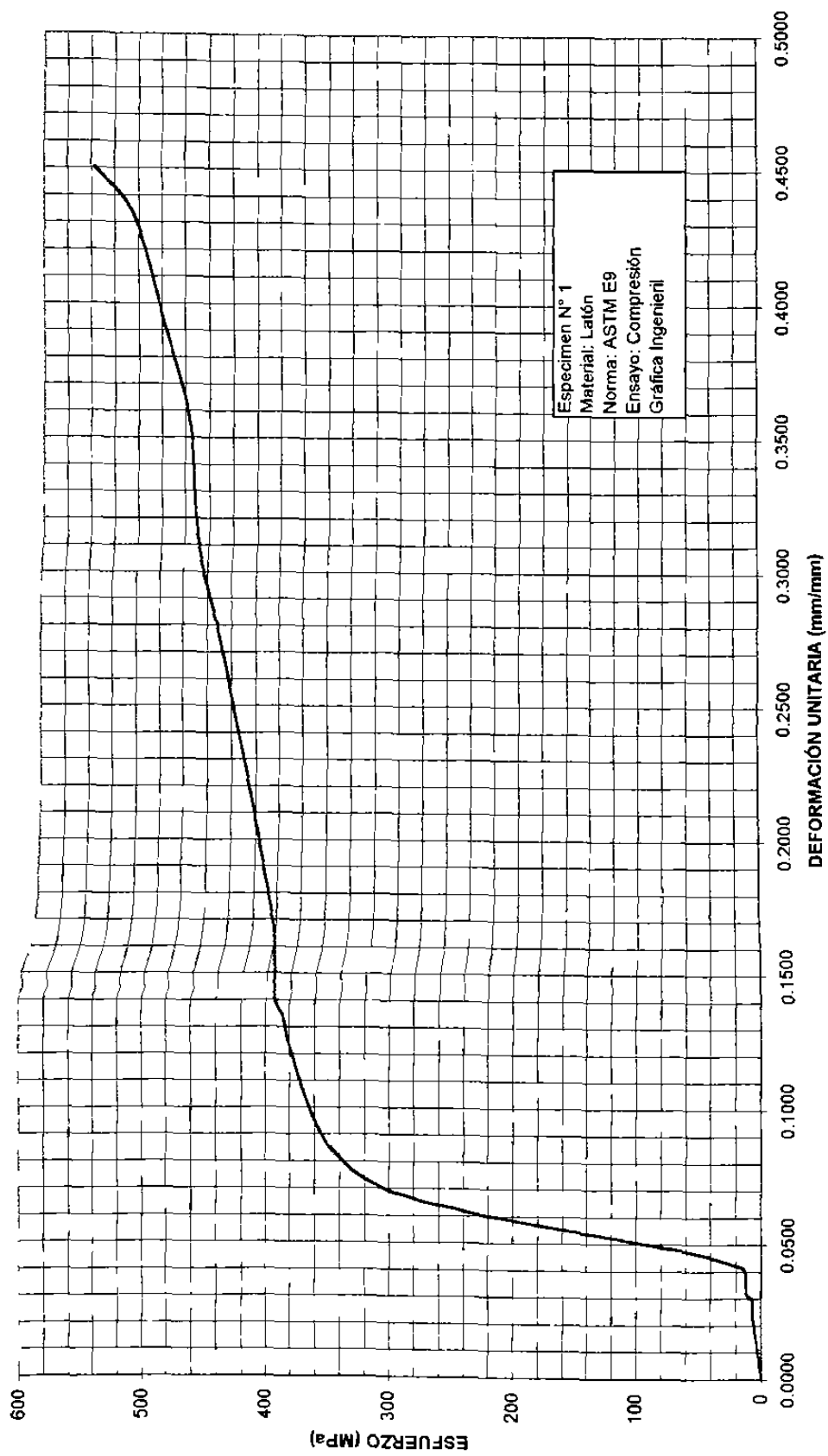
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 3					
MATERIAL	ACERO ESTRUCTURAL					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
L ₀ =	57.150	mm		L ₁ =	53.340	mm
D ₀ =	18.990	mm		D ₁ =	19.880	mm
A ₀ =	283.230	mm ²		A ₁ =	310.401	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.56	300	2942	0.0220	10	0.0218	11
0.71	600	5884	0.0280	21	0.0276	21
0.76	1200	11768	0.0299	42	0.0295	43
0.78	1500	14710	0.0307	52	0.0302	54
0.80	1800	17652	0.0315	62	0.0310	64
0.81	2100	20594	0.0319	73	0.0314	75
0.83	2400	23536	0.0327	83	0.0322	86
0.84	2700	26478	0.0331	93	0.0325	97
0.86	3000	29420	0.0339	104	0.0333	107
0.89	3500	34323	0.0350	121	0.0344	125
0.91	4000	39227	0.0358	138	0.0352	143
0.93	4500	44130	0.0366	156	0.0360	162
0.95	5000	49033	0.0374	173	0.0367	180
0.97	5500	53937	0.0382	190	0.0375	198
0.99	6000	58840	0.0390	208	0.0382	216
1.02	6500	63743	0.0402	225	0.0394	234
1.04	7000	68647	0.0409	242	0.0401	252
1.06	7500	73550	0.0417	260	0.0409	271
1.08	8000	78453	0.0425	277	0.0416	289
1.10	8500	83357	0.0433	294	0.0424	307
1.12	9000	88260	0.0441	312	0.0431	325
1.14	9500	93163	0.0449	329	0.0439	344
1.16	10000	98067	0.0457	346	0.0447	362
1.18	10500	102970	0.0465	364	0.0454	380
1.21	11000	107873	0.0476	381	0.0465	399
1.23	11500	112776	0.0484	398	0.0473	417
1.25	12000	117680	0.0492	415	0.0480	436
1.27	12500	122583	0.0500	433	0.0488	454
1.30	13000	127486	0.0512	450	0.0499	473
1.32	13500	132390	0.0520	467	0.0507	492
1.35	14000	137293	0.0531	485	0.0518	511
1.38	14200	139254	0.0543	492	0.0529	518
1.39	14500	142196	0.0547	502	0.0533	530
1.41	14700	144158	0.0555	509	0.0540	537
1.43	15000	147100	0.0563	519	0.0548	549
1.45	15200	149061	0.0571	526	0.0555	556
1.46	15300	150042	0.0575	530	0.0559	560
1.49	15500	152003	0.0587	537	0.0570	568
1.56	16000	156906	0.0614	554	0.0596	588
1.65	16500	161810	0.0650	571	0.0629	608
1.75	17000	166713	0.0689	589	0.0666	629
1.89	17500	171616	0.0744	606	0.0718	651
2.05	18000	176520	0.0807	623	0.0776	674
2.25	18500	181423	0.0886	641	0.0849	697
2.48	19000	186326	0.0976	658	0.0932	722
2.76	19500	191230	0.1087	675	0.1032	749
3.10	20000	196133	0.1220	692	0.1152	777
3.59	20500	201036	0.1413	710	0.1322	810
4.35	21000	205940	0.1713	727	0.1581	852
5.54	21500	210843	0.2181	744	0.1973	907

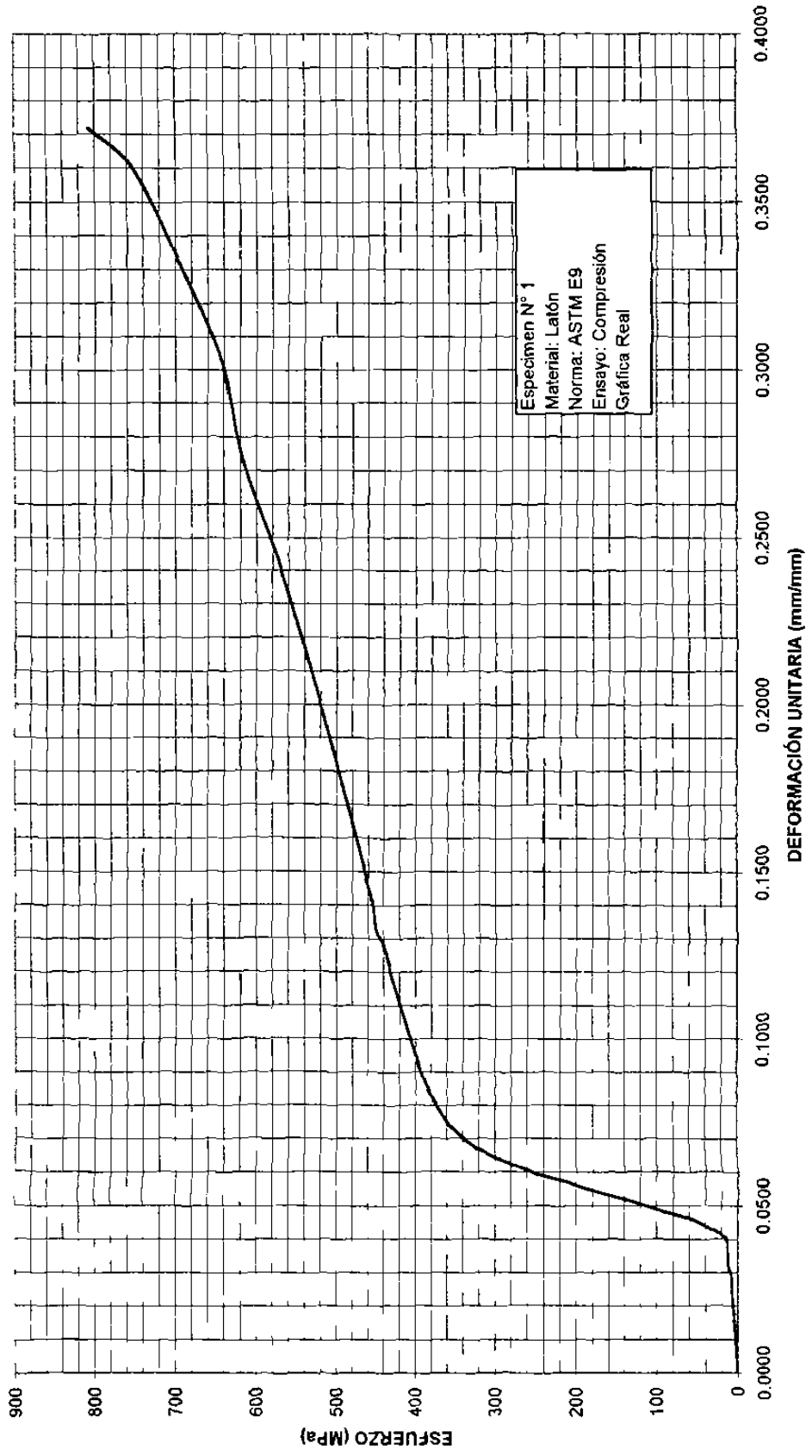
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN		N° 1				
MATERIAL	LATÓN					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0=$	57.370	mm		$L_f=$	47.900	mm
$D_0=$	19.070	mm		$D_f=$	20.820	mm
$A_0=$	285.47695	mm ²		$A_f=$	340.275834	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACION TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.20	68	680	0.0079	2	0.0078	2
0.40	128	1280	0.0157	4	0.0156	5
0.60	199	1990	0.0236	7	0.0233	7
0.65	199	1990	0.0256	7	0.0253	7
0.70	199	1990	0.0276	7	0.0272	7
0.75	199	1990	0.0295	7	0.0291	7
0.80	324	3240	0.0315	11	0.0310	12
0.85	330	3300	0.0335	12	0.0329	12
0.90	339	3390	0.0354	12	0.0348	12
0.95	340	3400	0.0374	12	0.0367	12
1.00	350	3500	0.0394	12	0.0386	13
1.05	410	4100	0.0413	14	0.0405	15
1.10	750	7500	0.0433	26	0.0424	27
1.15	1150	11500	0.0453	40	0.0443	42
1.20	1630	16300	0.0472	57	0.0462	60
1.25	2340	23400	0.0492	82	0.0480	86
1.30	2992.5	29925	0.0512	105	0.0499	110
1.35	3710	37100	0.0531	130	0.0518	137
1.40	4473.5	44735	0.0551	157	0.0537	165
1.45	5230	52300	0.0571	183	0.0555	194
1.50	5850	58500	0.0591	205	0.0574	217
1.55	6630	66300	0.0610	232	0.0592	246
1.60	7140	71400	0.0630	250	0.0611	266
1.65	7720	77200	0.0650	270	0.0629	288
1.70	8120	81200	0.0669	284	0.0648	303
1.75	8530	85300	0.0689	299	0.0666	319
1.80	8820	88200	0.0709	309	0.0685	331
1.85	9070	90700	0.0728	318	0.0703	341
1.90	9270	92700	0.0748	325	0.0721	349
1.95	9450	94500	0.0768	331	0.0740	356
2.00	9580	95800	0.0787	336	0.0758	362
2.20	10000	100000	0.0866	350	0.0831	381
2.40	10260	102600	0.0945	359	0.0903	393
2.60	10460	104600	0.1024	366	0.0975	404
2.80	10620	106200	0.1102	372	0.1046	413
3.00	10760	107600	0.1181	377	0.1116	421
3.20	10910	109100	0.1260	382	0.1187	430
3.40	11000	110000	0.1339	385	0.1256	437
3.60	11240	112400	0.1417	394	0.1325	450
3.80	11250	112500	0.1496	394	0.1394	453
4.00	11350	113500	0.1575	398	0.1462	460
5.00	11860	118600	0.1969	415	0.1797	497
6.00	12340	123400	0.2362	432	0.2121	534
7.00	12840	128400	0.2756	450	0.2434	574
8.00	13410	134100	0.3150	470	0.2738	618
9.00	13580	135800	0.3543	476	0.3033	644
10.00	14240	142400	0.3937	499	0.3320	695
11.00	14970	149700	0.4331	524	0.3598	751
11.44	15897.5	158975	0.4504	557	0.3718	808

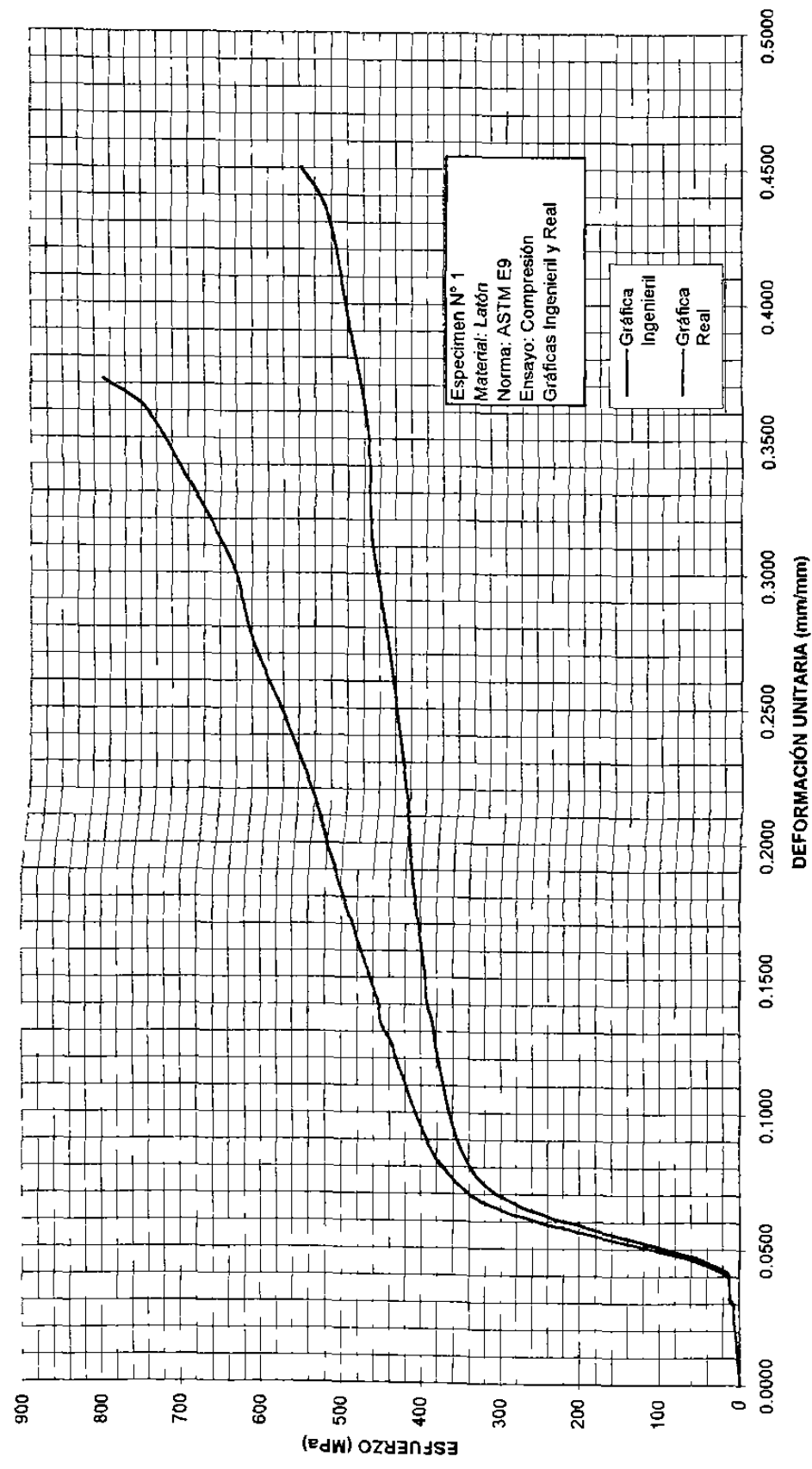
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



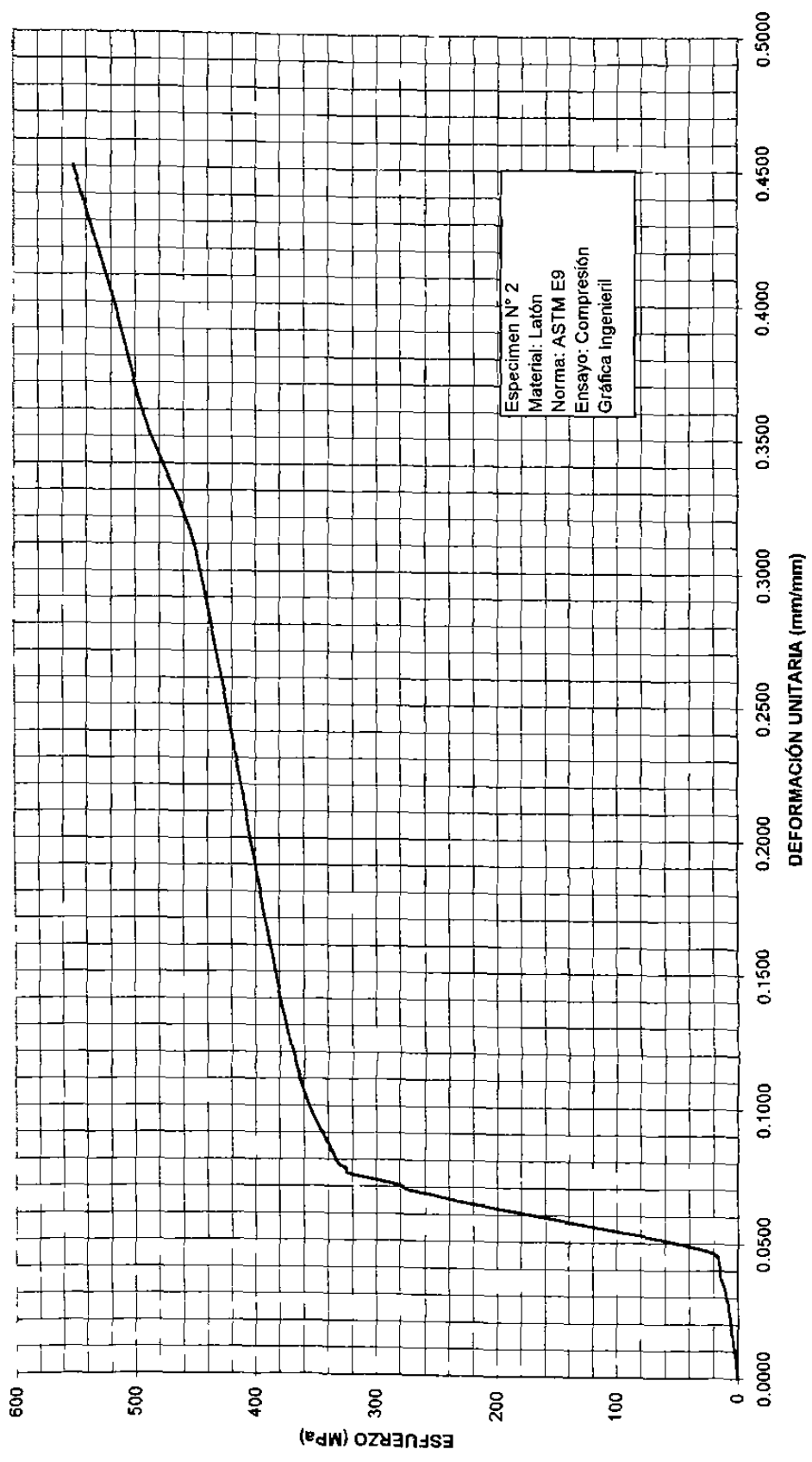
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



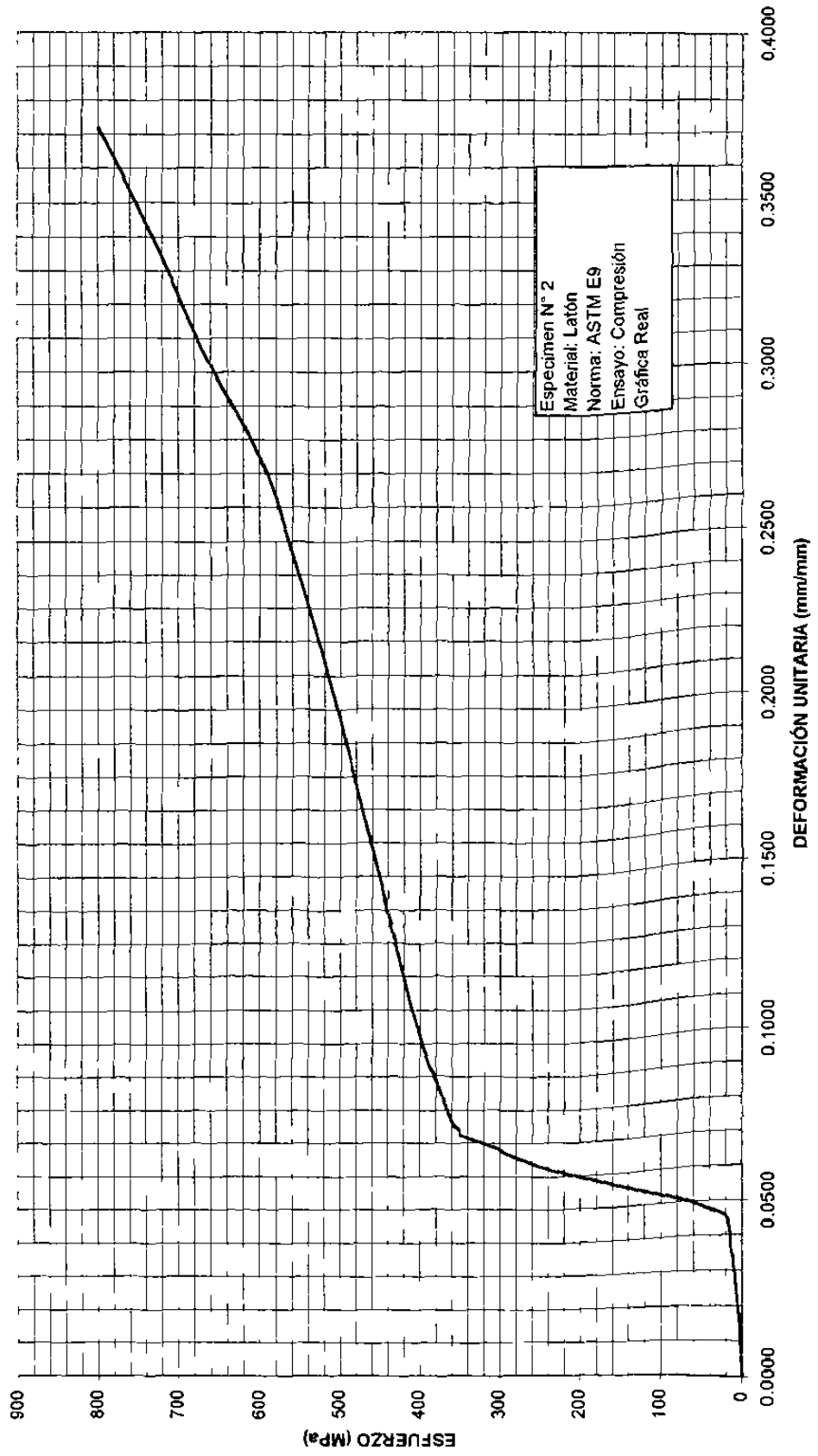
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN		N° 2				
MATERIAL		LATÓN				
ENSAYO:		DE COMPRESIÓN				
ESTÁNDAR:		ASTM E9				
$L_0=$	57.180	mm		$L_f=$	47.900	mm
$D_0=$	19.110	mm		$D_f=$	20.820	mm
$A_0=$	285.76282	mm ²		$A_f=$	340.275834	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.20	55.3	553	0.0079	2	0.0078	2
0.40	118	1180	0.0157	4	0.0156	4
0.60	195	1950	0.0236	7	0.0233	7
0.65	214	2140	0.0256	7	0.0253	8
0.70	234	2340	0.0276	8	0.0272	8
0.75	259	2590	0.0295	9	0.0291	9
0.80	280	2800	0.0315	10	0.0310	10
0.85	303.2	3032	0.0335	11	0.0329	11
0.90	350	3500	0.0354	12	0.0348	13
0.95	401	4010	0.0374	14	0.0367	15
1.00	401	4010	0.0394	14	0.0386	15
1.05	415	4150	0.0413	15	0.0405	15
1.10	432.4	4324	0.0433	15	0.0424	16
1.15	470	4700	0.0453	16	0.0443	17
1.20	690	6900	0.0472	24	0.0462	25
1.25	1220	12200	0.0492	43	0.0480	45
1.30	1750	17500	0.0512	61	0.0499	64
1.35	2410	24100	0.0531	84	0.0518	89
1.40	3120	31200	0.0551	109	0.0537	115
1.45	3820	38200	0.0571	134	0.0555	141
1.50	4520	45200	0.0591	158	0.0574	168
1.55	5240	52400	0.0610	183	0.0592	195
1.60	5960	59600	0.0630	209	0.0611	222
1.65	6650	66500	0.0650	233	0.0629	248
1.70	7220	72200	0.0669	253	0.0648	270
1.75	7770	77700	0.0689	272	0.0666	291
1.80	8120	81200	0.0709	284	0.0685	304
1.85	8650	86500	0.0728	303	0.0703	325
1.90	9260	92600	0.0748	324	0.0721	348
1.95	9295	92950	0.0768	325	0.0740	350
2.00	9490	94900	0.0787	332	0.0758	358
2.20	9750	97500	0.0866	341	0.0831	371
2.40	10020	100200	0.0945	351	0.0903	384
2.60	10220	102200	0.1024	358	0.0975	394
2.80	10380	103800	0.1102	363	0.1046	403
3.00	10530	105300	0.1181	368	0.1116	412
3.20	10640	106400	0.1260	372	0.1187	419
3.40	10750	107500	0.1339	376	0.1256	427
3.60	10860	108600	0.1417	380	0.1325	434
3.80	10960	109600	0.1496	384	0.1394	441
4.00	11050	110500	0.1575	387	0.1462	448
5.00	11520	115200	0.1969	403	0.1797	482
6.00	11970	119700	0.2362	419	0.2121	518
7.00	12450	124500	0.2756	436	0.2434	556
8.00	12990	129900	0.3150	455	0.2738	598
9.00	14000	140000	0.3543	490	0.3033	664
10.00	14680	146800	0.3937	514	0.3320	716
11.00	15410	154100	0.4331	539	0.3598	773
11.44	15749	157497	0.4504	551	0.3718	799

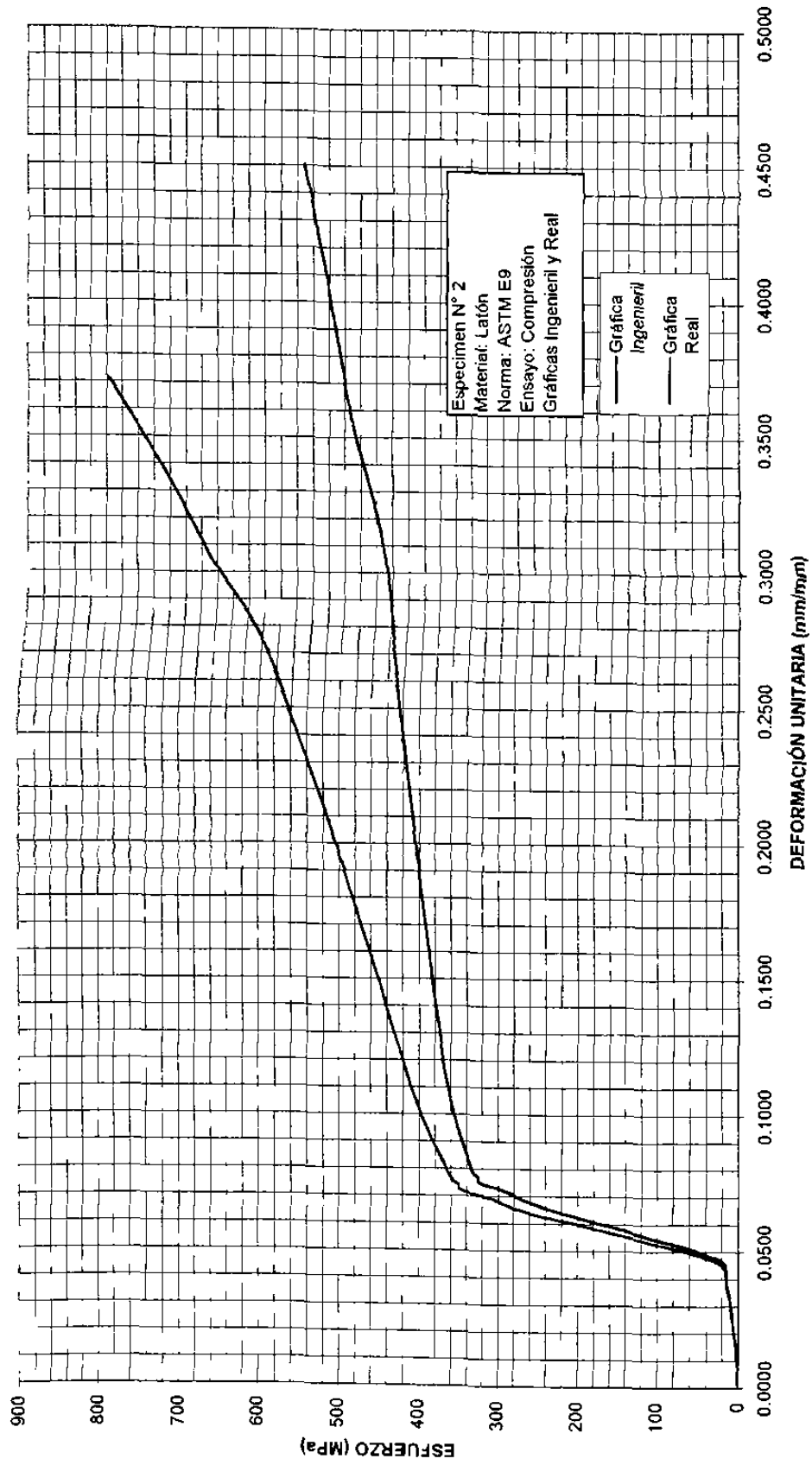
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



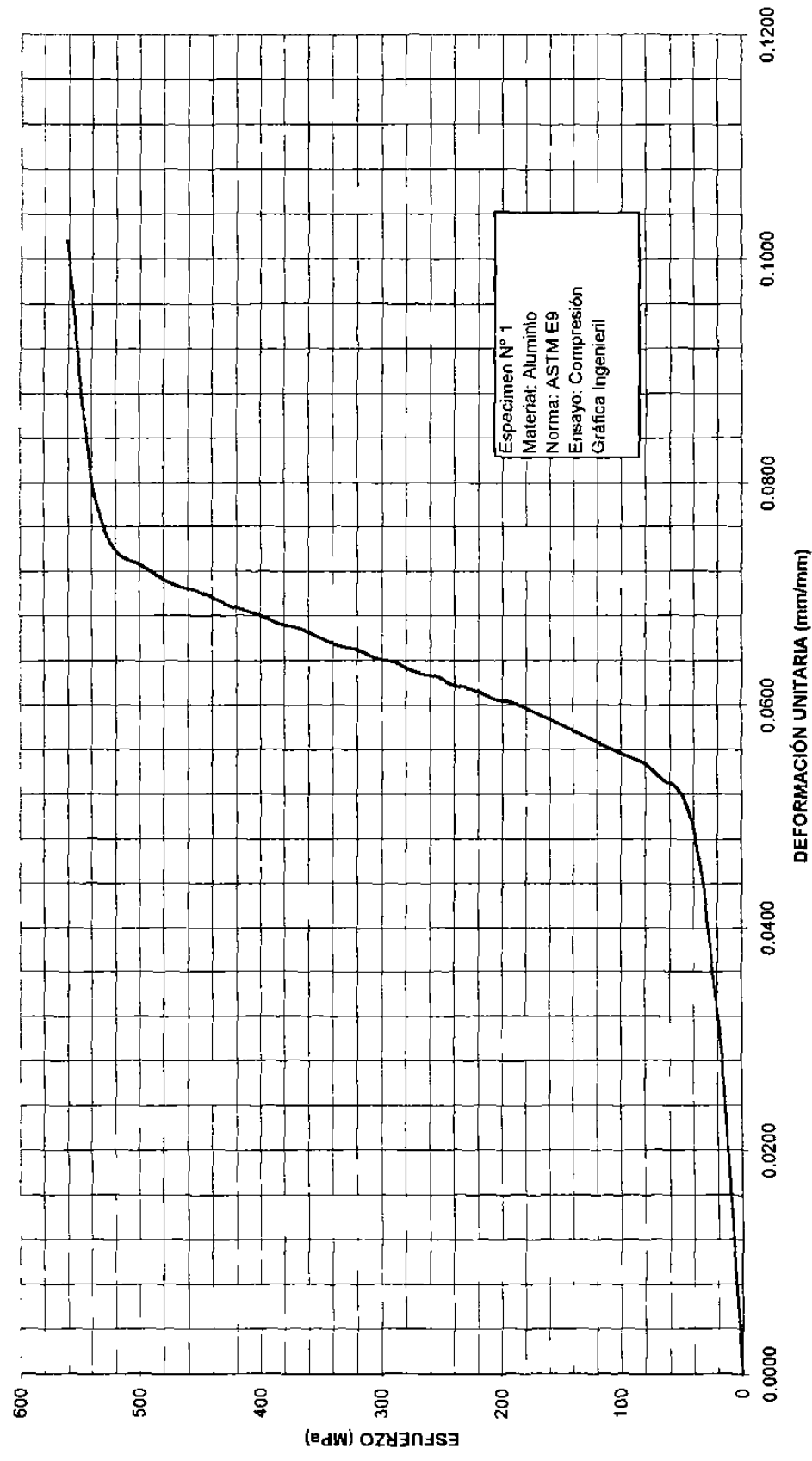
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



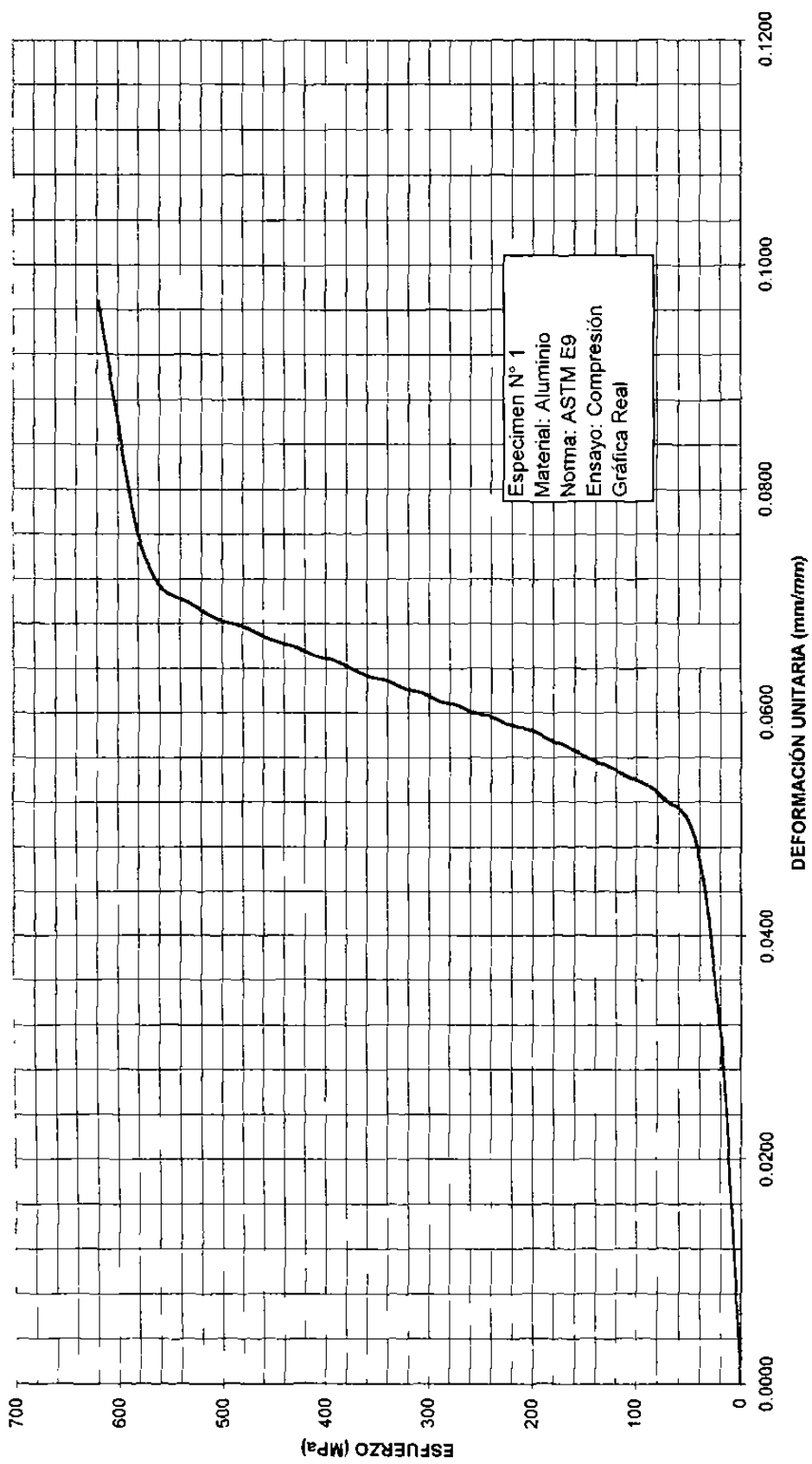
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECÍMEN	N° 1					
MATERIAL	ALUMINIO					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0=$	50.800	mm		$L_f=$	43.760	mm
$D_0=$	12.600	mm		$D_f=$	19.940	mm
$A_0=$	124.690	mm ²		$A_f=$	312.280	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.35	100	1000	0.0138	8	0.0137	8
0.71	200	2000	0.0280	16	0.0276	16
0.92	300	3000	0.0362	24	0.0356	25
1.12	400	4000	0.0441	32	0.0431	33
1.24	500	5000	0.0488	40	0.0477	42
1.31	600	6000	0.0516	48	0.0503	51
1.34	700	7000	0.0528	56	0.0514	59
1.35	800	8000	0.0531	64	0.0518	68
1.37	900	9000	0.0539	72	0.0525	76
1.39	1000	10000	0.0547	80	0.0533	85
1.40	1100	11000	0.0551	88	0.0537	93
1.41	1200	12000	0.0555	96	0.0540	102
1.43	1400	14000	0.0563	112	0.0548	119
1.45	1600	16000	0.0571	128	0.0555	136
1.47	1800	18000	0.0579	144	0.0563	153
1.49	2000	20000	0.0587	160	0.0570	170
1.51	2200	22000	0.0594	176	0.0577	187
1.53	2400	24000	0.0602	192	0.0585	204
1.54	2600	26000	0.0606	209	0.0589	221
1.56	2800	28000	0.0614	225	0.0596	238
1.57	3000	30000	0.0618	241	0.0600	255
1.59	3200	32000	0.0626	257	0.0607	273
1.60	3400	34000	0.0630	273	0.0611	290
1.62	3600	36000	0.0638	289	0.0618	307
1.63	3800	38000	0.0642	305	0.0622	324
1.65	4000	40000	0.0650	321	0.0629	342
1.66	4200	42000	0.0654	337	0.0633	359
1.68	4400	44000	0.0661	353	0.0640	376
1.70	4600	46000	0.0669	369	0.0648	394
1.71	4800	48000	0.0673	385	0.0652	411
1.73	5000	50000	0.0681	401	0.0659	428
1.75	5300	53000	0.0689	425	0.0666	454
1.78	5600	56000	0.0701	449	0.0677	481
1.80	5900	59000	0.0709	473	0.0685	507
1.84	6200	62000	0.0724	497	0.0699	533
1.88	6500	65000	0.0740	521	0.0714	560
2.00	6700	67000	0.0787	537	0.0758	580
2.16	6800	68000	0.0850	545	0.0816	592
2.58	7000	70000	0.1016	561	0.0967	618

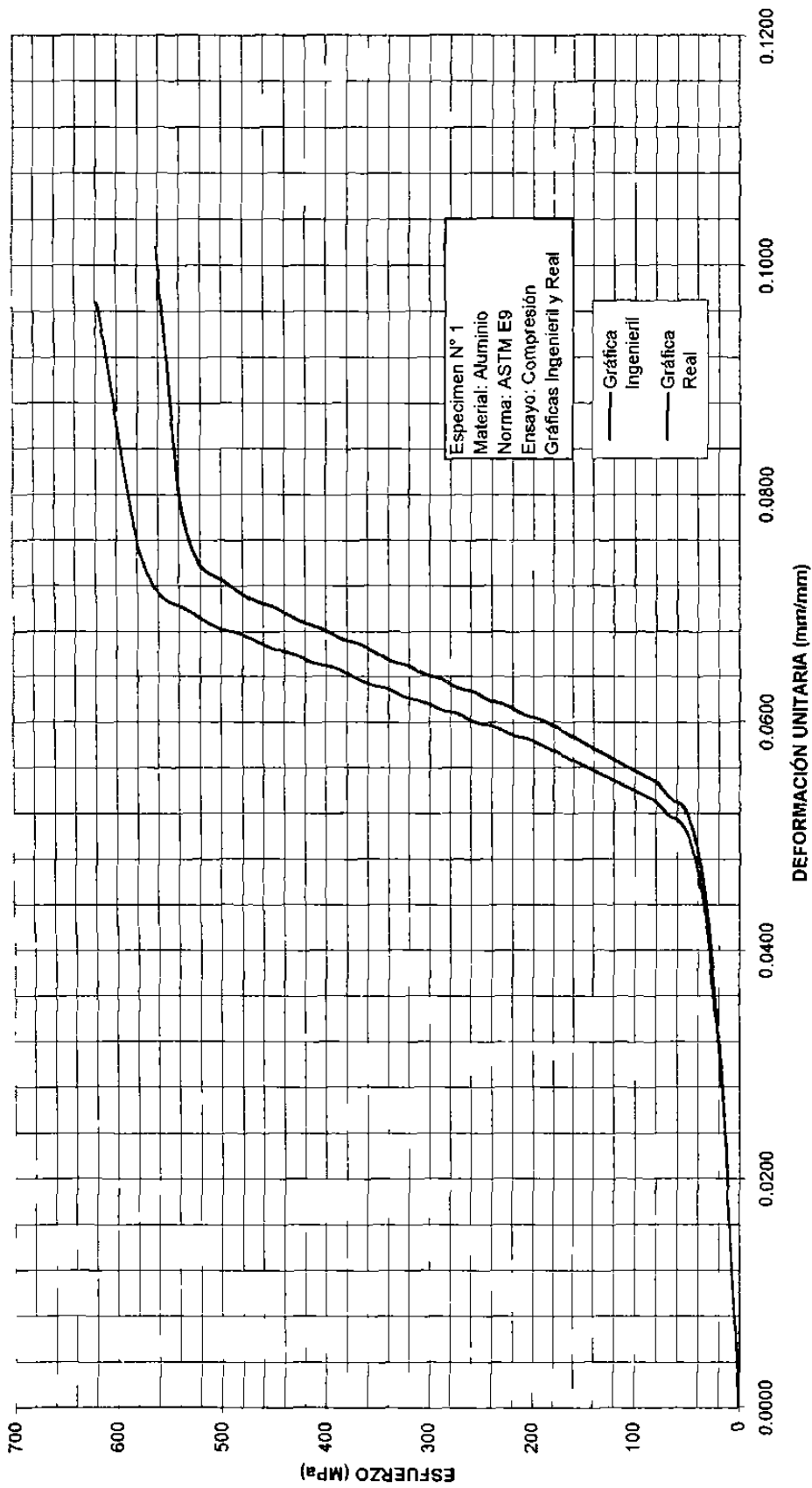
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



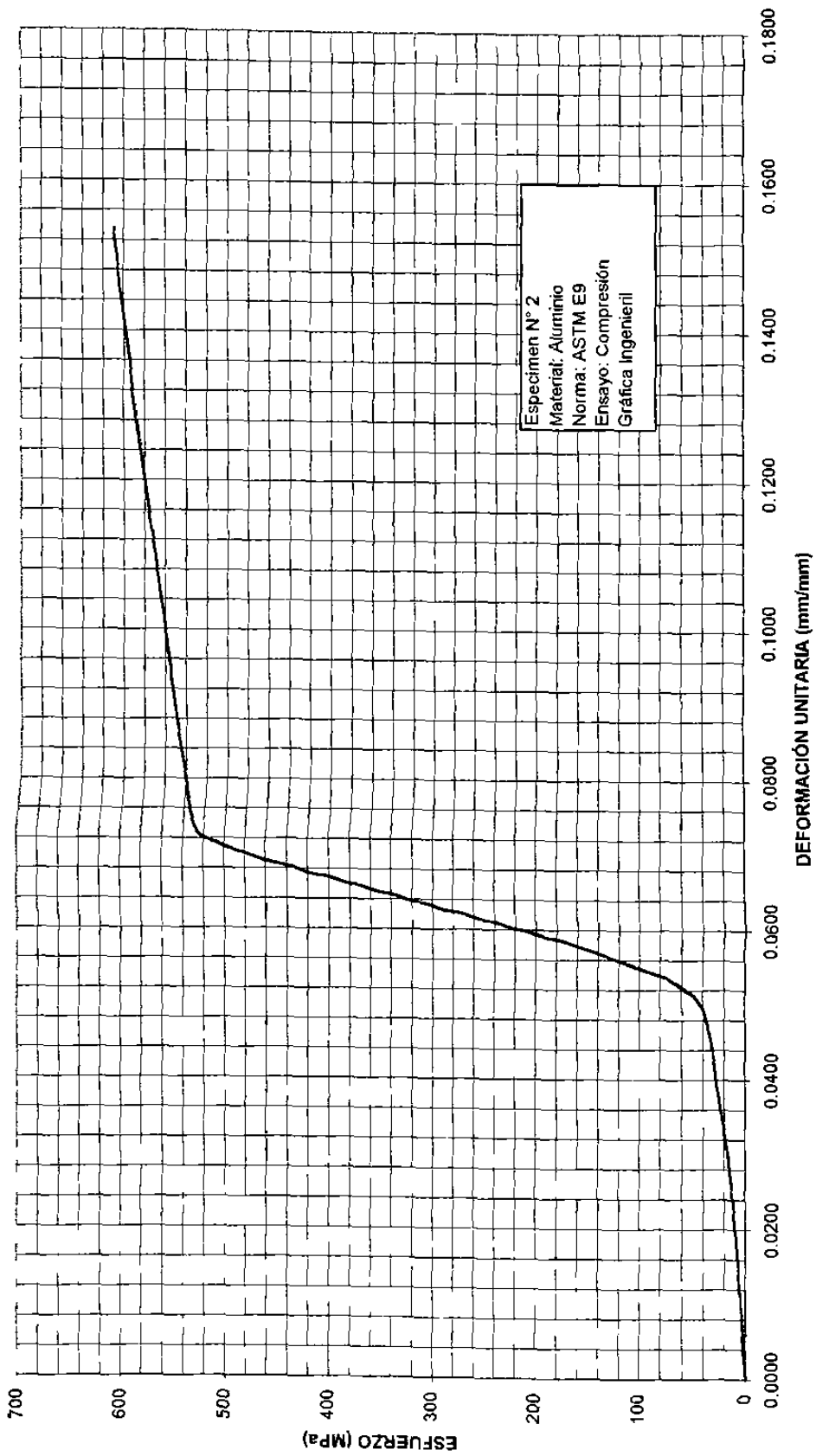
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



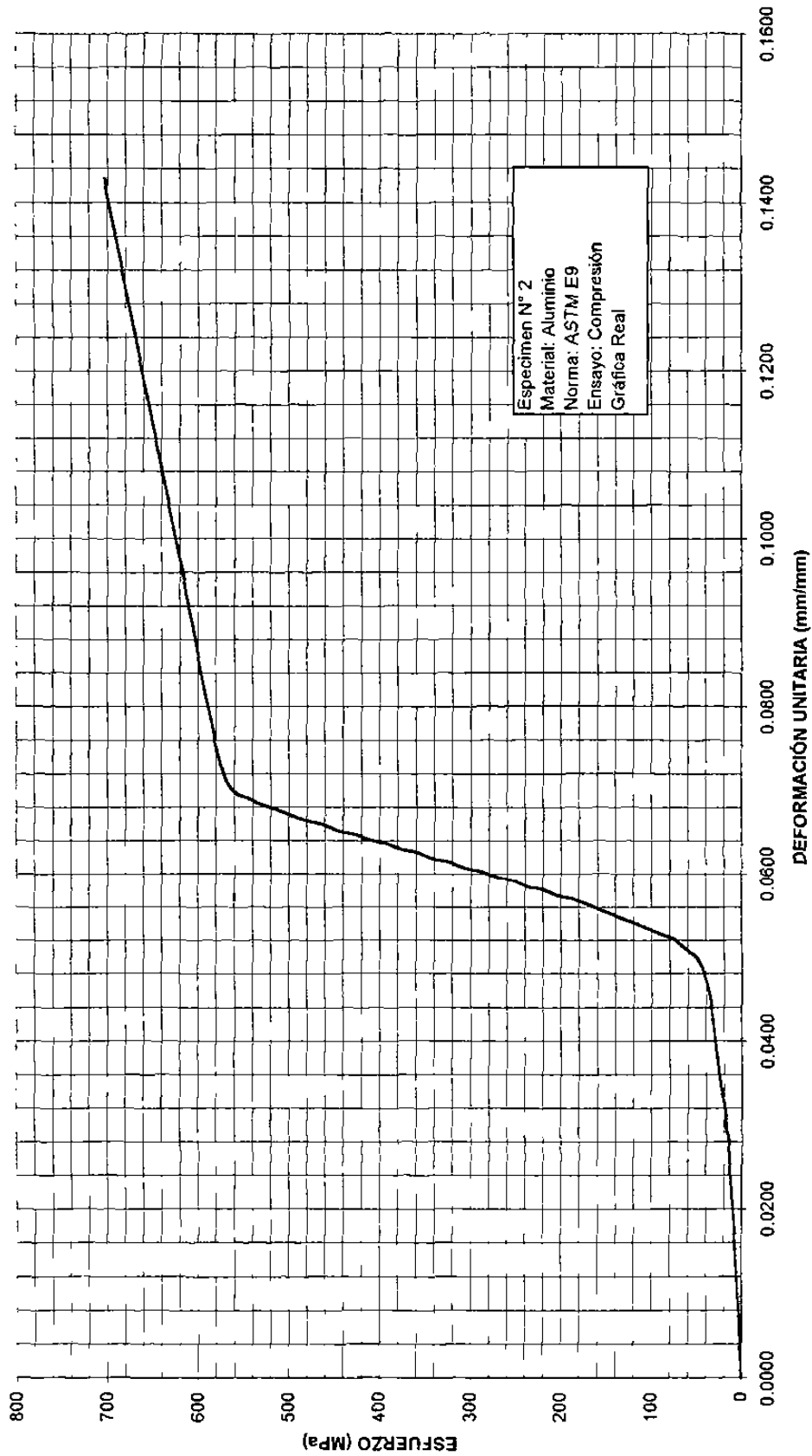
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 2					
MATERIAL	ALUMINIO					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0=$	50.800	mm		$L_f=$	41.300	mm
$D_0=$	12.600	mm		$D_f=$	17.910	mm
$A_0=$	124.690	mm ²		$A_f=$	251.930	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.44	100	1000	0.0173	8	0.0172	8
0.75	200	2000	0.0295	16	0.0291	17
0.93	300	3000	0.0366	24	0.0360	25
1.14	400	4000	0.0449	32	0.0439	34
1.25	500	5000	0.0492	40	0.0480	42
1.30	600	6000	0.0512	48	0.0499	51
1.32	700	7000	0.0520	56	0.0507	59
1.34	800	8000	0.0528	64	0.0514	68
1.36	900	9000	0.0535	72	0.0522	76
1.37	1000	10000	0.0539	80	0.0525	85
1.38	1100	11000	0.0543	88	0.0529	93
1.39	1200	12000	0.0547	96	0.0533	102
1.41	1400	14000	0.0555	112	0.0540	119
1.43	1600	16000	0.0563	128	0.0548	136
1.45	1800	18000	0.0571	144	0.0555	153
1.47	2000	20000	0.0579	160	0.0563	170
1.49	2200	22000	0.0587	176	0.0570	187
1.50	2400	24000	0.0591	192	0.0574	204
1.52	2600	26000	0.0598	209	0.0581	221
1.53	2800	28000	0.0602	225	0.0585	238
1.55	3000	30000	0.0610	241	0.0592	255
1.56	3200	32000	0.0614	257	0.0596	272
1.58	3400	34000	0.0622	273	0.0603	290
1.59	3600	36000	0.0626	289	0.0607	307
1.61	3800	38000	0.0634	305	0.0615	324
1.62	4000	40000	0.0638	321	0.0618	341
1.64	4200	42000	0.0646	337	0.0626	359
1.65	4400	44000	0.0650	353	0.0629	376
1.67	4600	46000	0.0657	369	0.0637	393
1.68	4800	48000	0.0661	385	0.0640	410
1.70	5000	50000	0.0669	401	0.0648	428
1.71	5200	52000	0.0673	417	0.0652	445
1.73	5400	54000	0.0681	433	0.0659	463
1.75	5700	57000	0.0689	457	0.0666	489
1.78	6000	60000	0.0701	481	0.0677	515
1.81	6300	63000	0.0713	505	0.0688	541
1.87	6600	66000	0.0736	529	0.0710	568
2.15	6800	68000	0.0846	545	0.0813	592
2.58	7000	70000	0.1016	561	0.0967	618
3.20	7300	73000	0.1260	585	0.1187	659
3.90	7600	76000	0.1535	610	0.1428	703

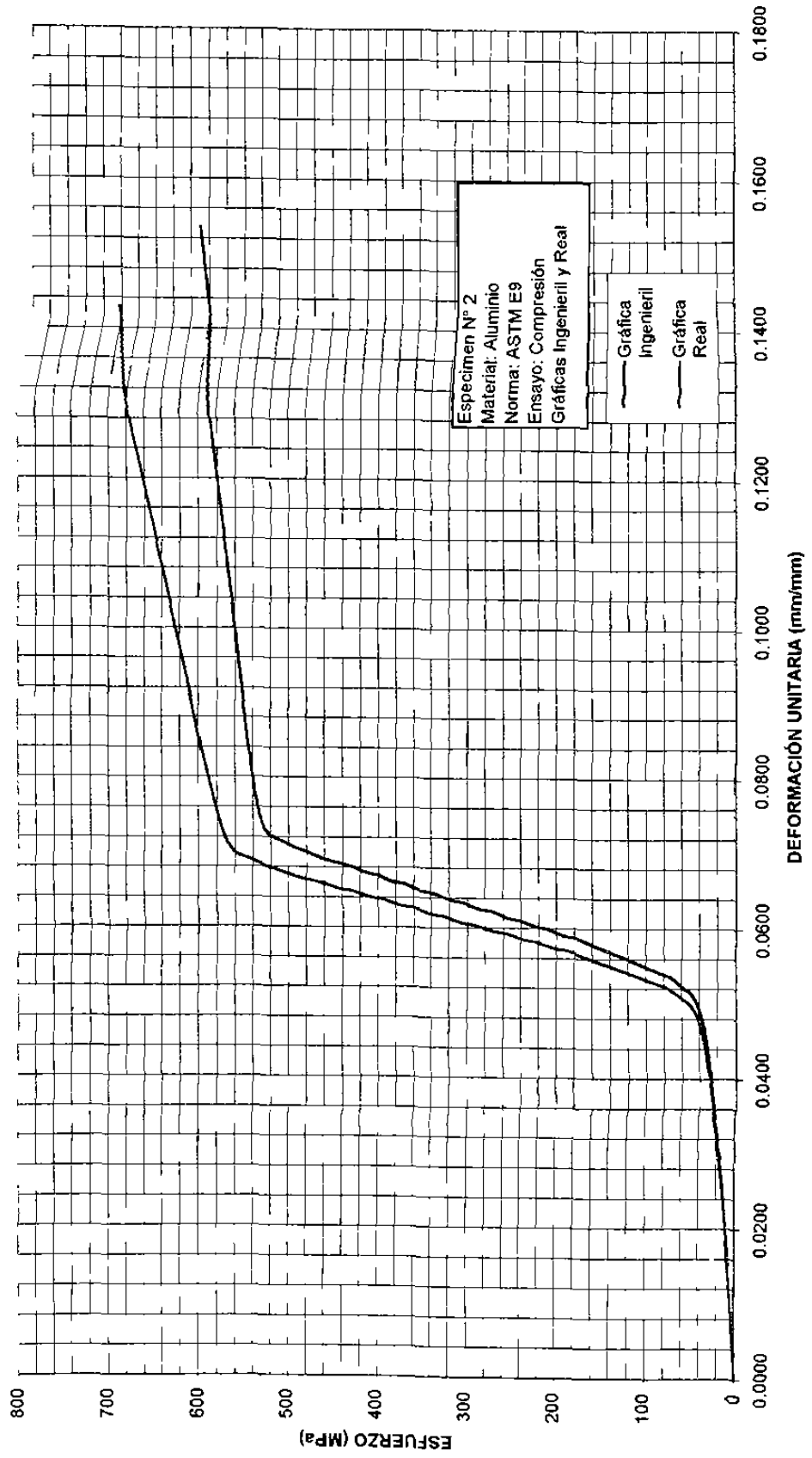
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



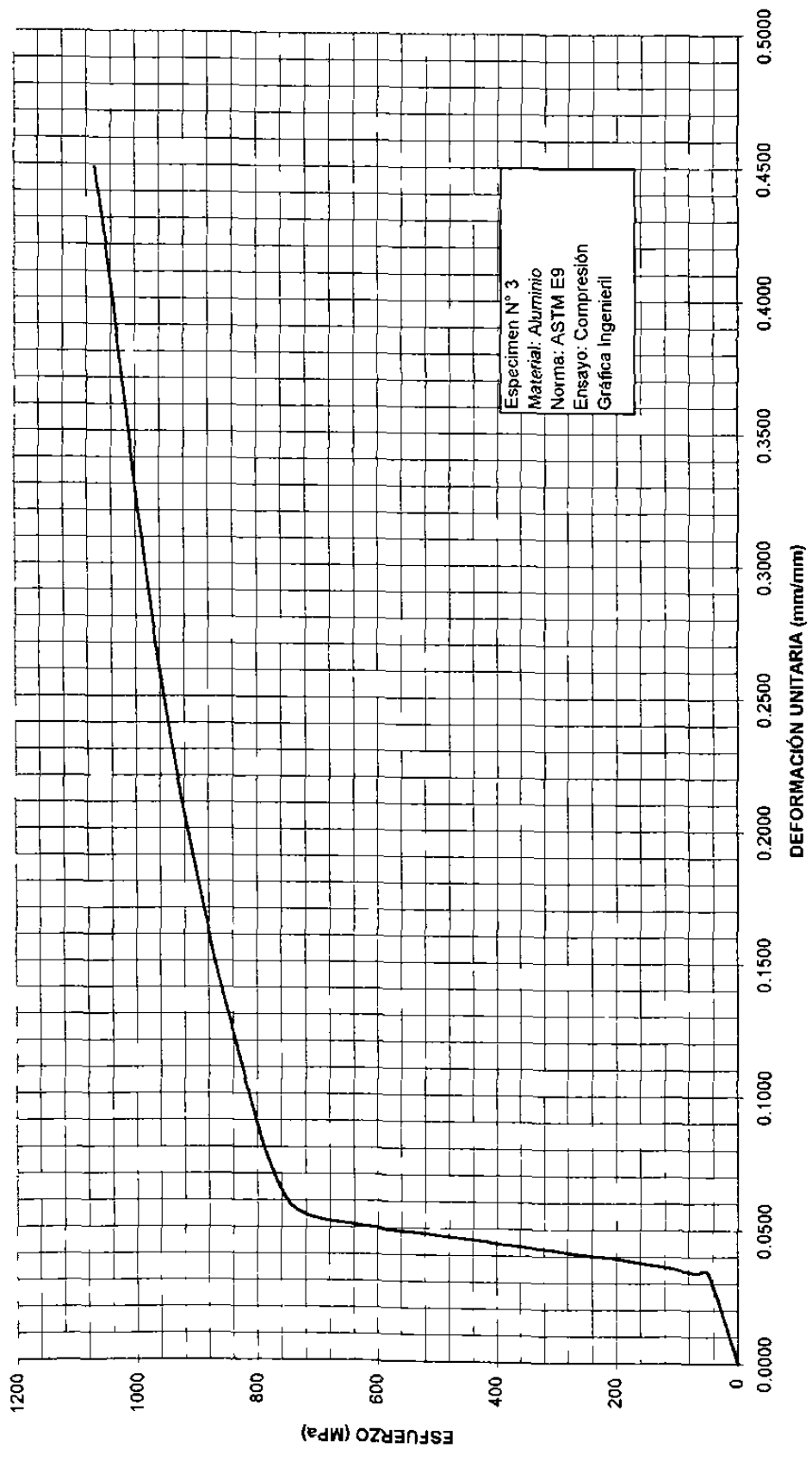
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



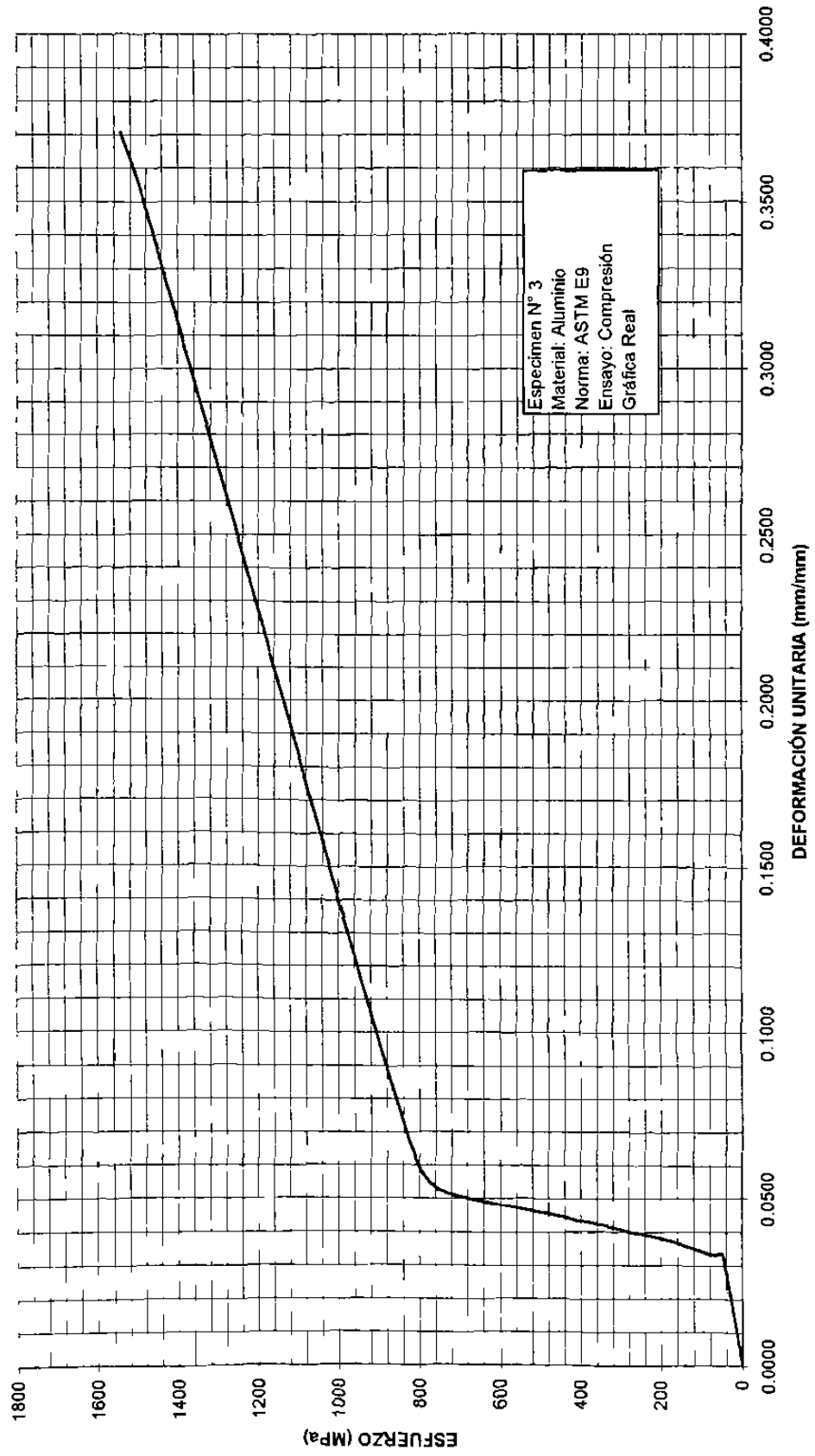
BITÁCORA DEL ENSAYO

ESPECIMEN	N° 3					
MATERIAL	ALUMINIO					
ENSAYO:	DE COMPRESIÓN					
ESTÁNDAR:	ASTM E9					
$L_0=$	57.100	mm		$L_f=$	46.800	mm
$D_0=$	19.100	mm		$D_f=$	21.200	mm
$A_0=$	286.520	mm ²		$A_f=$	352.990	mm ²
Velocidad del ensayo:	1.5	mm/min				
DEFORMACIÓN TOTAL (mm) e	CARGA (kg) P	CARGA (N) P	DEFORMACIÓN INGENIERIL (mm/mm) e	ESFUERZO INGENIERIL (Mpa) S	DEFORMACIÓN REAL (mm/mm) d	ESFUERZO REAL (Mpa) S'
0	0	0	0.0000	0	0.0000	0
0.86	600	6000	0.0339	48	0.0333	50
0.86	800	8000	0.0339	64	0.0333	66
0.87	1000	10000	0.0343	80	0.0337	83
0.91	1400	14000	0.0358	112	0.0352	116
0.94	1800	18000	0.0370	144	0.0363	150
0.97	2200	22000	0.0382	176	0.0375	183
1.00	2600	26000	0.0394	209	0.0386	217
1.02	3000	30000	0.0402	241	0.0394	250
1.04	3400	34000	0.0409	273	0.0401	284
1.07	3800	38000	0.0421	305	0.0413	318
1.10	4400	44000	0.0433	353	0.0424	368
1.12	4800	48000	0.0441	385	0.0431	402
1.13	5000	50000	0.0445	401	0.0435	419
1.15	5200	52000	0.0453	417	0.0443	436
1.16	5400	54000	0.0457	433	0.0447	453
1.17	5600	56000	0.0461	449	0.0450	470
1.18	5800	58000	0.0465	465	0.0454	487
1.19	6000	60000	0.0469	481	0.0458	504
1.22	6500	65000	0.0480	521	0.0469	546
1.24	7000	70000	0.0488	561	0.0477	589
1.27	7500	75000	0.0500	601	0.0488	632
1.30	8000	80000	0.0512	642	0.0499	674
1.39	9000	90000	0.0547	722	0.0533	761
1.63	9500	95000	0.0642	762	0.0622	811
2.30	10000	100000	0.0906	802	0.0867	875
4.17	11000	110000	0.1642	882	0.1520	1027
6.69	12000	120000	0.2634	962	0.2338	1216
10.44	13000	130000	0.4110	1043	0.3443	1471
11.40	13284	132840	0.4488	1065	0.3707	1544

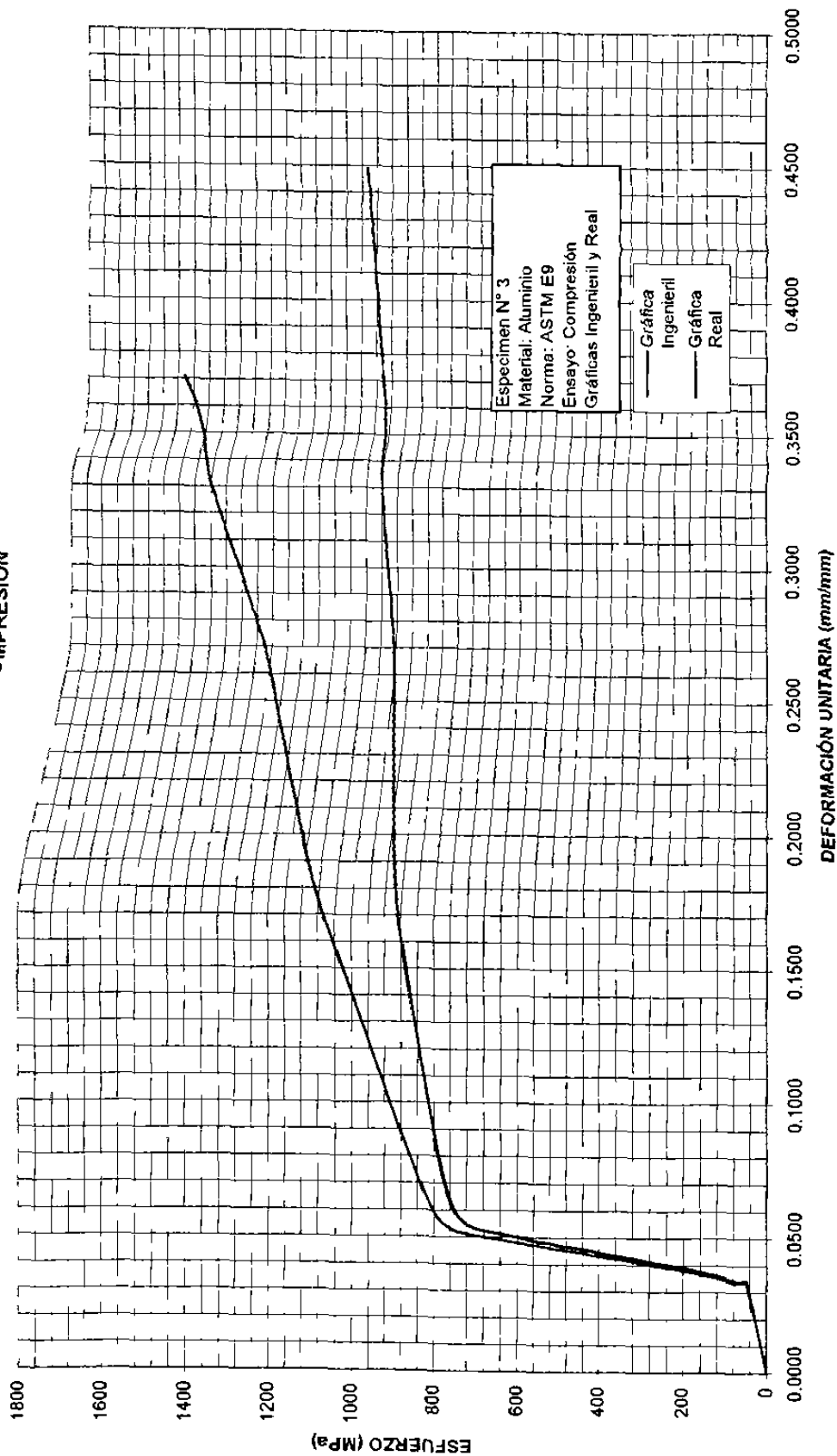
ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



ENSAYO ESTÁTICO DE COMPRESIÓN



5.3. Ensayos estático de Corte

en estos ensayos se realizaron con los aditamentos de doble sujeción, aplicando carga de centro, estos ensayos no esta normalizado en metales, pero se recomienda su realización a través de las teorías explicadas anteriormente.

En este ensayo el material se comparte a corte directo y dependerá de los aditamentos para que no exista en las zonas selladas otro efecto como puede ser flexión o flambeo.

En este ensayo no se registran valores de carga contra deformación, por que el material sólo se desliza en las áreas de corte

CAPITULO 6

RESULTADOS

6.1.- Resultados de los ensayos de tensión

En las siguientes tablas se presentan los resultados de las características y propiedades obtenidas en el cálculo de valores para cada material apoyándose en las *gráficas de comportamiento ingenieriles y reales dentro de las pruebas mecánicas* obtenidas están la resistencia mecánica, la ductilidad, la resiliencia elástica, la tenacidad, tanto para el comportamiento ingenieril como para el real basadas en los ensayos a tensión en los materiales de acero, latón y aluminio.

TABLA DE PROPIEDADES INGENIERILES EN TENSION

MATERIAL: ACERO ESTRUCTURAL	ESPECIMEN N°	1	2	3	Prom.	Desv. Std.
	Unidades					
RESISTENCIA A LA CEDENCIA (S_{yp})	MPa	338	374	330	347	23.4
RESISTENCIA ULTIMA (S_u)	MPa	481	532	489	500	27.2
ELONGACION ULTIMA (ϵ_u) %	mm / mm	30.6	29.2	30.0	29.9	0.7
RESILIENCIA ELASTICA UNITARIA (u_p)	N mm / mm ³	4.57	5.36	4.73	4.88	0.42
RESILIENCIA ELASTICA TOTAL	N mm	29047	34899	30549	31498	3039
TENACIDAD UNITARIA (T_o)	N mm / mm ³	234	254	212	234	21.2
TENACIDAD TOTAL	N m	1488	1658	1371	1506	144
TIPO DE FRACTURA		Cono cráter	Cono cráter	Cono cráter		
TEXTURA		Sedosa	Sedosa	Sedosa		
ELONGACION (%)	mm / mm	39	38	35	37	2.2
REDUCCION DE AREA (%)	mm ² / mm ²	65	64	67	65	1
VELOCIDAD ANTES DE CEDENCIA	seg ⁻¹	0.287	0.288	0.286	0.287	0.001
VELOCIDAD DESPUES DE CEDENCIA	seg ⁻¹	2.917	2.931	2.902	2.916	0.014

TABLA DE PROPIEDADES REALES EN TENSION

MATERIAL: ACERO ESTRUCTURAL	ESPECIMEN N°	1	2	3	Prom.	Desv. Std.
	Unidades					
RESISTENCIA A LA CEDENCIA REAL (S'_{yp})	MPa	347	385	340	357	24.4
COEFICIENTE DE ENDURECIMIENTO (n)	-	0.376	0.349	0.333	0.353	0.022
COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K)	MPa	1032	1105	992	1043	57
DEFORMACION ULTIMA (δ_u)	mm / mm	0.267	0.256	0.262	0.262	0.006
% ERROR δ_u VS. n	%	71	73	79	74	4
CARGA ULTIMA TEORICA (P_u)	Kg	6185	6969	6314	6489	420
RESISTENCIA MAXIMA REAL (S'_u)	MPa	629	687	635	650	32
DUCTILIDAD ULTIMA (D'_{eu})	%	27	26	26	26	1
DUCTILIDAD ULTIMA (D'_{ef})	%	40	39	36	38	2
TENACIDAD VERDADERA (Γ_o)	Nm / mm ³	122	130	125	126	4
VELOCIDAD REAL ANTES DE CEDENCIA	seg ⁻¹	0.223	0.224	0.222	0.223	0.001
VELOCIDAD REAL DESPUES DE CEDENCIA	seg ⁻¹	0.745	0.746	0.744	0.745	0.001

BITACORA DE PROPIEDADES MECANICAS INGENIERILES						
ESPECIMEN	UNIDADES	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION
MATERIAL		LATON	LATON	LATON		ESTANDAR
RESISTENCIA A LA CEDENCIA	MPa	349.00	375.00	378.00	367.33	15.95
RESISTENCIA ULTIMA	MPa	404.00	403.00	397.00	401.33	3.79
DEFORMACION ULTIMA	mm/mm	0.196	0.178	0.196	0.19	0.01
RESILENCIA ELASTICA UNITARIA	N-mm/mm ³	5.95	10.31	12.67	9.64	3.41
RESILENCIA ELASTICA TOTAL	N-mm	37.742	65.405	83.654	62.267.22	23.116.27
DEFORMACION ULTIMA	N-mm/mm ²	83.05	75.14	108.59	88.93	17.48
DEFORMACION TOTAL	N-mm	526.875.32	476,718.67	716,672.86	573,422.29	126,568.04
TIPO DE FRACTURA		Conocrater	Conocrater	Conocrater		
TEXTURA		Sedosa	Sedosa	Sedosa		
% ELONGACION	%	17.76	20.29	19.63	19.23	1.31
% REDUCCION DE AREA	%	46.64	49.83	50.48	48.98	2.06
VELOCIDAD DE DEFORMACION	mm/min	0.00420	0.00420	0.00420	0.00420	0.00000

BITACORA DE PROPIEDADES MECANICAS REALES						
ESPECIMEN	UNIDADES	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION
MATERIAL		LATON	LATON	LATON		ESTANDAR
COCIENTE DE RESISTENCIA	MPa	1.099	913.34	1.071	1.02779	100.09
COCIENTE DE ENDURECIMIENTO A LA DEFORMACION		0.47	0.363	0.473	0.44	0.06
DEFORMACION REAL ULTIMA	mm/mm	0.170	0.164	0.179	0.17	0.01
CAPACIDAD REAL	Nt	60.896.10	55.601.08	59.992.72	58.829.97	2.832.54
VELOCIDAD DE DEFORMACION	mm/min	0.00+10	0.00+10	0.00+10	0.00+10	0.00000

BITACORA DE PROPIEDADES MECANICAS REALES PARA UN ENSAYO DE TENSION

CARACTERISTICA	UNIDAD	ESPECIMEN			PROMEDIO	DESV. STD
		1	2	3		
MATERIAL		Aluminio	Aluminio	Aluminio		
RESISTENCIA A LA CEDENCIA REAL (S _{yp})	MPa	320.00	336.00	332.00	329.33	8.33
RESISTENCIA ULTIMA (S _u)	MPa	365.00	378.00	372.00	371.67	6.51
COEFICIENTE DE RESISTENCIA (k)	MPa	478.40	506.28	505.12	496.60	15.77
COEFICIENTE DE ENDURECIMIENTO (n)		0.118	0.128	0.134	0.13	0.01
DEFORMACION ULTIMA δu	mm/mm	0.101	0.102	0.102	0.10	0.00
% ERROR δu Vs n	%	14.41	20.31	23.88	19.53	4.78
DUCTILIDAD ULTIMA (D _{eu})	mm/mm	10.06	10.26	10.24	10.19	0.11
DUCTILIDAD DE FRACTURA (Def)	mm/mm	18.27	18.48	17.97	18.24	0.26
TENACIDAD REAL (T _ó)	N-mm/mm ³	39.239	41.525	45.600	42.12	3.22
VELOCIDAD DE DEFORMACION (ϵ')	mm/min	0.004	0.004	0.004	0.00	0.00

6.2.- Resultados de los ensayos de compresión

En las siguientes tablas se presentan los resultados de las características y las propiedades obtenidas en el cálculo de valores para cada material apoyándose en las gráficas de comportamiento ingenieriles y reales dentro de las pruebas mecánicas obtenidas están la resistencia mecánica, la ductilidad, la resiliencia elástica, la tenacidad, tanto para el comportamiento iningenieril como para el real basadas en los ensayos a compresión en los materiales de acero, latón y aluminio.

BITACORA DE PROPIEDADES INGENIERILES EN COMPRESION

MATERIAL: ACERO ESTRUCTURAL	ESPECIMEN N°	1	2	3	Prom.	Desv. Std.
	Unidades					
RESISTENCIA A LA CEDENCIA (S_{yp})	MPa	285	385	675	448	202.7
RESISTENCIA ULTIMA (S_u)	MPa	653	700	744	699	45.8
RESILIENCIA ELASTICA UNITARIA (u_p)	N mm /mm ³	2.86	4.82	6.68	4.79	1.91
RESILIENCIA ELASTICA TOTAL	N mm	48265	77763	108920	78316	30331
TENACIDAD UNITARIA (T_3)	N mm /mm ³	86	61	48	65	19.4
TENACIDAD TOTAL	N m	1452	979	785	1072	343
TIPO DE FRACTURA		Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento		
ELONGACION (%)	mm / mm	17	10	7	11	5.2
REDUCCION DE AREA (%)	mm ² / mm ²	21	13	10	14	6

BITACORA DE PROPIEDADES REALES EN COMPRESION

RESISTENCIA A LA CEDENCIA REAL (S'_{yp})	MPa	291	393	688	458	206.3
COEFICIENTE DE ENDURECIMIENTO (n)	-	0.608	0.590	0.200	0.466	0.230
COEFICIENTE DE RESISTENCIA (K)	MPa	2213	2730	1314	2086	717
DEFORMACION ULTIMA (δ_u)	mm / mm	0.181	0.122	0.093	0.132	0.045
% ERROR δ_u VS. n	%	30	21	46	32	13
CARGA ULTIMA TEORICA (P_u)	Kg	26554	25438	22518	24836	2084
RESISTENCIA MAXIMA REAL (S'_u)	MPa	782	716	763	754	34
DUCTILIDAD ULTIMA (D'_{eu})	%	18	12	9	13	4
TENACIDAD VERDADERA (T'_o)	Nmm /mm ²	88	61	63	71	15

BITACORA DE PROPIEDADES MECANICAS INGENIERILES						
ESPECIMEN	UNIDADES	1	2	PROMEDIO	DESVIACION	
MATERIAL		LATON	LATON		ESTANDAR	
RESISTENCIA A LA CEDENCIA	MPa	720.00	682.00	701.00	26.87	
RESISTENCIA ULTIMA	MPa	1.257.00	1.245.00	1.251.00	8.49	
DEFORMACION ULTIMA	mm/mm	0.228	0.228	0.23	0.00	
RESILENCIA ELASTICA UNITARIA	N-mm/mm ³	8.39	6.08	7.24	1.63	
RESILENCIA ELASTICA TOTAL	N-mm	157.407	99.347	118.376.60	26.912.34	
TENACIDAD UNITARIA	N-mm/mm ³	201.48	189.85	195.67	8.23	
TENACIDAD TOTAL	N-mm	3.299.756.97	3.102.088.57	3.200.922.77	139.772.67	
TIPO DE FALLA		PANDEO	PANDEO			
% REDUCCION DE LONGITUD	%	16.51	16.23	16.37	0.20	
% AUMENTO DE AREA	%	16.10	16.02	16.06	0.06	

BITACORA DE PROPIEDADES MECANICAS REALES PARA UN ENSAYO DE COMPRESION

CARACTERISTICA	UNIDAD	ESPECIMEN			PROMEDIO	DESV. STD
		1	2	3		
MATERIAL		Aluminio	Aluminio	Aluminio		
RESISTENCIA A LA CEDENCIA REAL (S _{yp})	MPa	550.00	545.00	775.00	623.33	131.37
RESISTENCIA ULTIMA (S _u)	MPa	810.00	870.00	1300.00	993.33	267.27
COEFICIENTE DE RESISTENCIA (k)	MPa	1250.50	1379.00	2236.12	1621.87	535.82
COEFICIENTE DE ENDURECIMIENTO (n)		0.241	0.288	0.337	0.29	0.05
DEFORMACION ULTIMA δ_u	mm/mm	0.165	0.202	0.200	0.19	0.02
% ERROR δ_u Vs n	%	46	43	69	52.33	14.11
DUCTILIDAD ULTIMA (D _{eu})	%	16.50	20.20	20.00	18.90	2.08
TENACIDAD REAL (T _ó)	N-mm/mm ³	172.3	215.5	390.7	259.48	115.67

6.3.- Resultados de los ensayos de corte

En estos resultados se tienen los datos iniciales y finales en la misma bitácora o tabla para cada material, en este caso debido a la sencillez del ensayo no se realizó gráficas de comportamiento mecánico debido a que no hay una deformación uniaxial medible.

TABLA DE VALORES OBTENIDOS EN CORTE DIRECTO

PARA EL LATÓN

	UNIDADES	1	2	3
PRUEBA No.		LATON	LATON	LATON
MATERIAL		9.525	9.525	9.525
DÍAMETRO	mm	142.43	142.43	142.43
ÁREA	mm ²	397.55	390.35	408.77
CARGA MÁXIMA	NEWTON	279.11	274.06	287.19
RESISTENCIA MÁXIMA	Mpa			
RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO	Mpa	280.12		

PARA EL ACERO ESTRUCTURAL

	UNIDADES	1	2	3
PRUEBA No.		ACERO EST.	ACERO EST.	ACERO EST.
MATERIAL		9.474	9.525	9.525
DÍAMETRO	mm	140.91	142.43	142.43
ÁREA	mm ²	703.51	716.25	639.35
CARGA MÁXIMA	NEWTON	499.26	502.87	448.88
RESISTENCIA MÁXIMA	Mpa			
RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO	Mpa	483.67		

PARA EL ALUMINIO

	UNIDADES	1	2	3
PRUEBA No.		LATON	LATON	LATON
MATERIAL		9.575	9.499	9.601
DÍAMETRO	mm	143.93	141.66	144.72
ÁREA	mm ²	304.97	296.90	319.40
CARGA MÁXIMA	NEWTON	211.88	209.58	220.70
RESISTENCIA MÁXIMA	Mpa			
RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO	Mpa	214.05		

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con paulatino avance durante la etapa de experimentación se comienzan a vislumbrar los posibles resultados o datos que se obtendrán cuando se llegue al final de la investigación. Por supuesto sólo un final parcial pues, siempre quedará a flor de pie la posibilidad y necesidad de continuar el movimiento, el avance, el seguimiento imprescindible de la perene inquietud de conocer y comprender más.

En esta ocasión las diferentes partes del análisis, que para el motivo de caracterizar el material en el estudio se realizaron, nos fueron involucrando en el conocimiento ya no tan superficial de un metal, que se utiliza en el ámbito industrial.

En las tablas de resultados de los ensayos de tensión para los materiales: acero estructural, latón y aluminio que se presentan en las paginas de la 154 a 157 se muestran los valores de las propiedades mecánicas obtenidas de la experimentación, concluyendo que sus valores están por encima de los estándares consultados de la ASTM. Para dichos materiales.

Por ejemplo la resistencia máxima para el acero estructural es de un 26 % por encima del mínimo estándar, por otro lado la resistencia a la cedencia el % de elongación y el % de reducción de área, se muestran un 58 %, 53 % y 29 % de incremento respectivamente.

Estas mejoras considerables, a primer vista, pudieran deberse a múltiples combinaciones de variables durante todo el procesamiento del material, pero tales estudios no quedan considerados en el presente análisis, por tal motivo sólo se contempla el resultado final del proceso.

Es muy importante un estudio profundo de los materiales que se utilizan, pues depende directamente de sus propiedades el comportamiento que vaya a desarrollar una vez ya instalados o aplicados en un diseño específico. Por tal motivo el análisis como el presentado o algunos muchos más profundos y diligentes, serán necesarios cada vez que un nuevo material, o que alguno ya existente se requiera para nuevos objetivos.

Esta vez estos materiales analizados pueden utilizarse sin corregir riesgo alguno, pero no siempre es así, y mientras más complejo o importante sea el papel que juegue cualquier material en una aplicación determinada, mayor será la responsabilidad que tendrán que afrontar los investigadores amantes del casi infinito universo de la ciencia e ingeniería de materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sydney H. Avner,
Introducción a la Metalurgia Física,
2ª Edición,
México 1981.

2. George E. Dieter,
Mechanical Metallurgy,
Mac Graw Hill 1988.

3. Procedimientos de Pruebas Mecánicas,
Estándar de la A.S.T.M.,
Volumen 3.01, Edición 1994.
Designación E-8, A-370 – 1994.

4. Materials,
Society of Automotive Engineers Inc.
SAE Handbook, 1990.

5. Metals Handbook, Properties and Selection:
Iron, Steels, and High Performance Alloys,
Volumen 1, 10ª Edición,
ASM International Handbook Committee, 1990.

6. Hiller Mats,
Materials Research Laboratory,
Metallographic Atlas,
Division of physical Metallurgy,
Royal Institute of technology, Stockholm 1991.

7. Metal Handbook. Metallography and Microstructures,
Formerly Ninth Edition. Volumen 9, Fifth Printing,
ASM Handbook Committee 1992.

LISTADO DE FIGURAS Y GRAFICOS

CAPITULO 2

	PAG.
1.- Figura 2.1 distribución uniforme del esfuerzo axial.	4
2.- Figura 2.2 diagramas típicos esfuerzo-deformación.	6
3.- Figura 2.3 zonas dentro de la grafica esfuerzo-deformación.	7
4.- Figura 2.4 deformaciones plásticas después de descargar el espécimen.	8
5.- Figura 2.5 puntos de resistencia elástica en gráfica esfuerzo- deformación.	9
6.- Figura 2.6 métodos para obtener el modulo elástico.	11
7.- Figura 2.7 obtención de la resiliencia.	13
8.- <i>Figura 2.8 propiedades de la zona plástica.</i>	15
9.- Figura 2.9 espécimen antes y después de la fractura.	16
10.- Figura 2.10 resumen de propiedades mecánicas elásticas y plásticas.	18
11.- Figura 2.11 gráficos esfuerzo-deformación ingenieril para algunos materiales.	19

CAPITULO 3

12.- Figura 3.1 curva esfuerzo-deformación basada en mediciones de diámetro.	25
13.- Figura 3.2 curva esfuerzo-deformación basada en mediciones de deformación axial.	26
14.- Figura 3.3 (a) espécimen cónico para la determinación de la relación esfuerzo-deformación verdadera.	27
15.- figura 3.4 determinación de la curva esfuerzo-deformación por el método de las cargas de Mac Gregor.	29

CAPITULO 4

	PAG.
16.- Figura 4.1 material a prueba de corte.	31
17.- Figura 4.2 (a) gráfica momento torsor contra esfuerzo cortante.	33
18.- Figura 4.3 (b) obtención del par de cedencia.	33
19.- Figura 4.3 obtención de la tenacidad.	37

CAPITULO 5

20.- Bitácoras y Gráficos de Tensión.	39
21.- Bitácoras y Gráficos de Compresión.	76
22.- Bitácoras de Corte.	118

GLOSARIO

Esfuerzo ingenieril: esfuerzo con el área inicial.

Deformación ingenieril: deformación obtenida con la longitud inicial.

Esfuerzo real: esfuerzo obtenido con el área real.

Deformación real: deformación obtenida con la longitud real.

Cedencia: movimientos de átomos a través de los defectos de cristal.

Offset: desplazamiento.

Cizalladura: acción de corte jurídico.

Rigidez: consistencia del material a un esfuerzo aplicado.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Ing. Jesus Rodolfo Benavides Ortiz

Candidato para el grado de:

Maestro en Ciencias con Especialidad en Materiales

Tesis: Caracterización en Acero, Aluminio y Latón

Campo de Estudio: Ciencias Exactas

Biografía: Nacido en Monterrey N. L. El 13 de Febrero de 1951, hijo del Sr. Rodolfo Benavides Paez y Sra. Ofelia Ortiz Sánchez.

Educación: Egresado de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Ingeniero Mecánico Administrador el día 15 de Marzo de 1982,

Experiencia Profesional: Catedrático de la F. I. M. E.- U. A. N. L. En licenciatura a partir del 15 de Agosto de 1978 a la fecha Jefe de Academia a partir de 1990-1996.

