



Instituto Politécnico Nacional

**Centro de Estudios Científicos y
Tecnológicos 7 “Cuauhtémoc”**



Unidad de aprendizaje: Ensayos Destructivos en la Soldadura

Ensayo de Tensión en Acero y Aluminio

Profesor Titular: Bernache González César

Profesor Auxiliar: Neri Vega Jesús Gerardo

Alumnos:

Alvarado Guzmán Erick

Esquivel Maldonado Oswaldo Josafat

González Cabrera Carlos Uriel

Tellez Salgado Eliud

Varela Ramírez Ángel Aarón

Equipo 01

Grupo 4IVA

Ciclo Escolar 2024-1

Fecha de entrega: 17/04/24

Índice.

1	Introducción.....	3
2	Objetivo de la práctica.....	4
	2.1 Cálculos previos.....	4
3	Introducción Teórica.....	6
4	Descripción de materiales y equipo.....	8
	4.1 Probeta de Acero.....	8
	4.2 Probeta de Aluminio.....	9
	4.3 Máquina de pruebas universales SHIMADZU.....	10
	4.4 Herramientas y accesorios.....	11
5	Desarrollo de la práctica.....	12
	5.1 Acero.....	12
	5.2 Aluminio.....	14
6	Observaciones generales.....	16
7	Conclusiones generales.....	17
	7.1 Acero.....	17
	7.2 Aluminio.....	18
	7.3 Comparación.....	19
8	Bibliografía y Cibergrafía.....	20

Introducción

El ensayo de tensión se refiere a la prueba de las propiedades mecánicas de un material, en este caso uno ferroso y uno no ferroso, donde una probeta estandarizada en base la norma NMX-B-310-1981 recibe dos cargas en los extremos de sus cabezales, medida en kilogramos fuerza o kilopondios, de forma colineal y en sentidos opuestos, forzando una deformación en el material.

En este ensayo se utilizará una máquina universal de ensayo de marca Shimadzu de origen japonés, siendo una máquina Electrónica-Digital.

El objetivo del ensayo es comprobar la resistencia a la tracción del material en cuestión, obteniendo datos acerca del esfuerzo y deformación unitaria en la pieza, y comparar los resultados obtenidos con la muestra de acero con los resultados obtenidos en la muestra de aluminio.

En base a la ductilidad del aluminio, que es conocido por ser usado principalmente en láminas y tubos, se espera obtener una mayor deformación en la probeta de dicho material con una carga menor, así como que la carga máxima a soportar no será muy grande.

Por otro lado, en base a la resistencia y a la tenacidad del acero, se espera tener una mayor carga máxima soportada por la probeta, así como obtener una deformación relativamente media; de esta manera explicaría el uso de acero en las estructuras de grandes construcciones como puentes y edificios.

Al trabajar con dos metales diferentes, los resultados se compararán entre sí para obtener una mejor idea sobre las propiedades mecánicas, y poder relacionarlas con su uso en la industria.

Se espera obtener resultados de carga máxima mayores en el acero que en aluminio, explicando así su uso estructural en la construcción. También se espera una buena elasticidad, debido a su uso en muelles y resortes.

Por su parte, se espera una zona plástica extensa en el aluminio para explicar el por qué su uso en láminas.

Objetivo de la práctica

La práctica, que consiste en dos ensayos de tensión en dos materiales distintos (acero y aluminio) tiene como objetivo el observar las propiedades mecánicas de ambos metales, más específicamente su resistencia a la tracción (en cuestión de tensión), siendo el equivalente a observar cuántos kilogramos es capaz de soportar en carga la pieza; a su vez que proporcionar datos sobre la deformación simple en cada momento de carga.

Con estos datos se puede realizar cálculos sobre su esfuerzo y deformación unitaria sufridos en el material, cuyos valores nos indican propiedades tales como la elasticidad (módulo elástico), el límite elástico, el esfuerzo de cedencia, la resistencia máxima a la tensión; y analizando el gráfico de Esfuerzo – Deformación unitaria se puede deducir la tenacidad, la resiliencia y el comportamiento mecánico del metal.

Cálculos previos

Carga máxima a considerar para la probeta de Acero (Considerando como referencia un acero 1006 de bajo carbono)

Datos:

Esfuerzo Permisible para acero 1006: 330MPa

Área transversal de la probeta (Ø13mm): 132.73mm²

Cálculos para la carga:

$$\sigma_p = 330 \text{ MPa} = 330 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \left(\frac{1\text{m}^2}{1 \times 10^6 \text{mm}^2} \right) \left(\frac{1\text{kgf}}{9.8 \text{N}} \right) = 33.67 \text{ kgf/mm}^2$$

$$P = \sigma_p * A = (33.67 \text{kgf/mm}^2) (132.73 \text{mm}^2) = 4469.01 \text{kgf}$$

Resultados:

	Kgf	N	Lb
Carga Máxima Acero	4469.01	43796.29	9831.82

Carga máxima a considerar para la probeta de Aluminio (Considerando como referencia un aluminio 6061)

Datos:

Esfuerzo Permisible para aluminio 6061: 100MPa

Área transversal de la probeta (Ø13mm): 132.73mm²

Cálculos para la carga.

$$\sigma_p = 100 \text{ MPa} = 100 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \left(\frac{1\text{m}^2}{1 \times 10^6 \text{mm}^2} \right) \left(\frac{1\text{kgf}}{9.8 \text{ N}} \right) = 10.20 \text{ kgf/mm}^2$$

$$P = \sigma_p * A = (10.20\text{kgf/mm}^2) (132.73\text{mm}^2) = 1353.84\text{kgf}$$

Resultados:

	Kgf	N	Lb
Carga Máxima Aluminio	1353.84	13267.63	2978.44

Introducción Teórica

La tensión es la fuerza que aparece al aplicar una carga en el extremo de un material y colinealmente otra fuerza igual en sentido opuesto, generando un estiramiento en dicho material.

Previamente, para entender los resultados del ensayo, se debe conocer la Ley de Hooke, que nos indica que “el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación unitaria que sufre un material”, y está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma \propto \epsilon$$

Donde σ significa Esfuerzo y ϵ Deformación unitaria. Con esto se obtiene que el módulo elástico del material será:

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

A su vez, el esfuerzo se obtiene al dividir la carga aplicada entre el área transversal de la probeta; y la deformación unitaria se calcula mediante el cociente de la deformación simple (que es la diferencia entre la longitud final e inicial) y la longitud inicial.

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

$$\epsilon = \frac{(L_f - L_i)}{L_i} = \frac{\Delta L}{L_i}$$

$$\therefore E = \frac{P L_i}{A \Delta L}$$

Cabe resaltar que el Módulo elástico ya está establecido como un dato, para el acero es de $21 \times 10^3 \text{ kgf/mm}^2$ y para el aluminio es $7 \times 10^3 \text{ kgf/mm}^2$. Si se desea calcular a partir del ensayo, se debe realizar a través del promedio de datos de esfuerzo y el promedio de datos dentro de la zona elástica.

La zona elástica se encuentra antes del límite elástico, el cual puede diferenciarse en el gráfico al observar una curva después de la primera pendiente, y en los datos al obtener una desproporcionalidad entre deformación y esfuerzo o viceversa, o con la tangente del ángulo de esta.

Por otro lado, al analizar el gráfico se puede deducir parte del comportamiento del material. Al calcular el área de la zona elástica se obtiene el valor de la resiliencia, la capacidad de un material para absorber energía por unidad de volumen y recuperarse.

También se deben conocer los puntos de referencia, como el de cedencia, ubicado después del límite elástico donde el material se deforma exageradamente en comparación a la carga; la resistencia máxima o última, que nos indica hasta que carga máxima va a llegar el material (la cual está calculada previamente en las páginas 4 y 5); o el punto de ruptura, que ocurre después del decremento en la carga tras la resistencia máxima.

La zona presente desde el límite elástico hasta el punto de ruptura se conoce como zona plástica, y representa la capacidad del material para deformarse permanentemente en función a la carga ejercida. Un material con una zona plástica alargada será más dúctil y blando, en comparación a un material con una zona elástica pequeña que será frágil y duro.

Finalmente, se puede calcular, mediante el área debajo de toda la gráfica, la tenacidad, que consiste en la capacidad de un material para absorber energía por unidad de volumen hasta su punto de ruptura, y nos habla de que tan quebradizo puede llegar a ser dicho material.

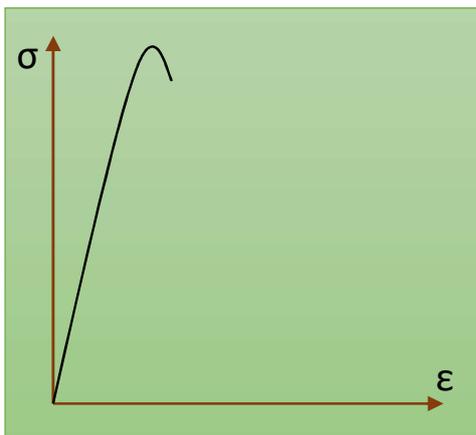


Fig1. Ejemplo de gráfica para material duro

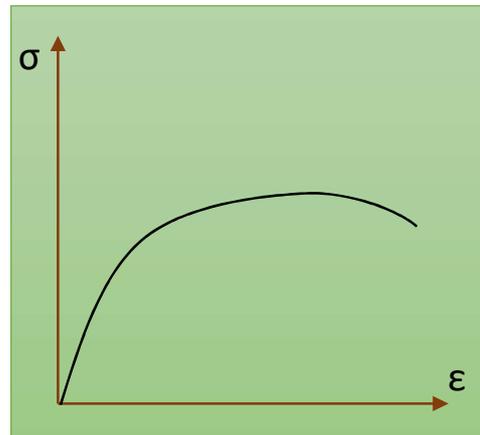


Fig2. Ejemplo de gráfica para material dúctil

Normas a considerar en el ensayo de tensión:

NMX-B-310-1981, para las dimensiones en las probetas.

NMX-CH-27-1994, para la verificación de la máquina de ensayo de tensión.

ASTM E-8-70, para las condiciones y método del ensayo, y las propiedades a medir.

ISO 6892-1, presente en el software de prueba para Shimadzu.

Descripción de materiales y equipo

Probeta de Acero

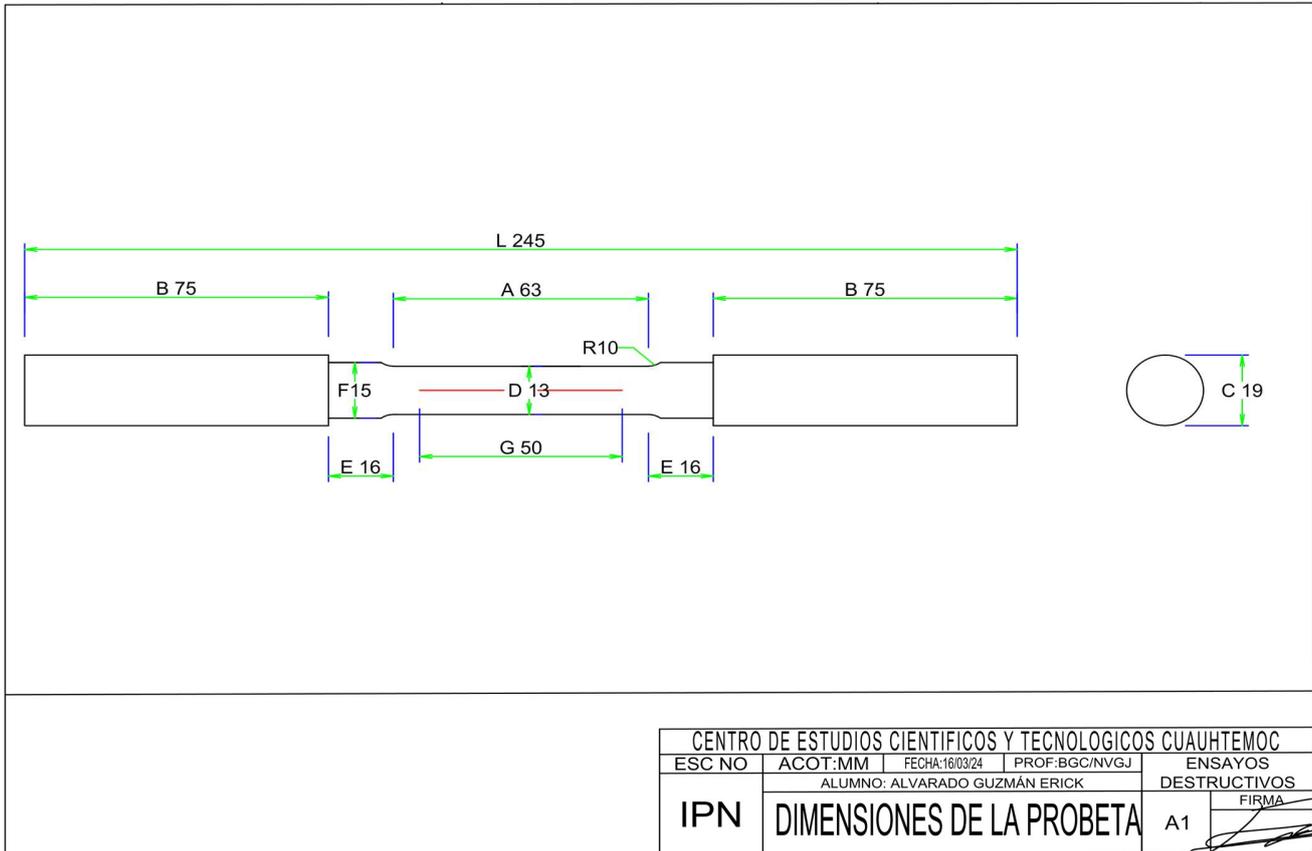


Fig. 3. Dimensiones en la probeta de acero (en milímetros)

Dimensiones Probeta de Acero	
Aspecto	Medida (mm)
G – Longitud calibrada	50
D – Diámetro	13
R – Radio de la zona de transición	10
A – Longitud sección reducida	63
L – Longitud total	245
B – Longitud zona de sujeción	75
C – Diámetro zona de sujeción	19
E – Longitud de resalte más zona de transición	16
F – diámetro del resalte	15

Datos

Composición: Acero dulce (acero de bajo carbono)

Maquinado: Torno mecánico

Material utilizado: Barra 3/4"

Terminación en los cabezales:
Cuerda de 13 hilos por pulgada

Probeta de Aluminio

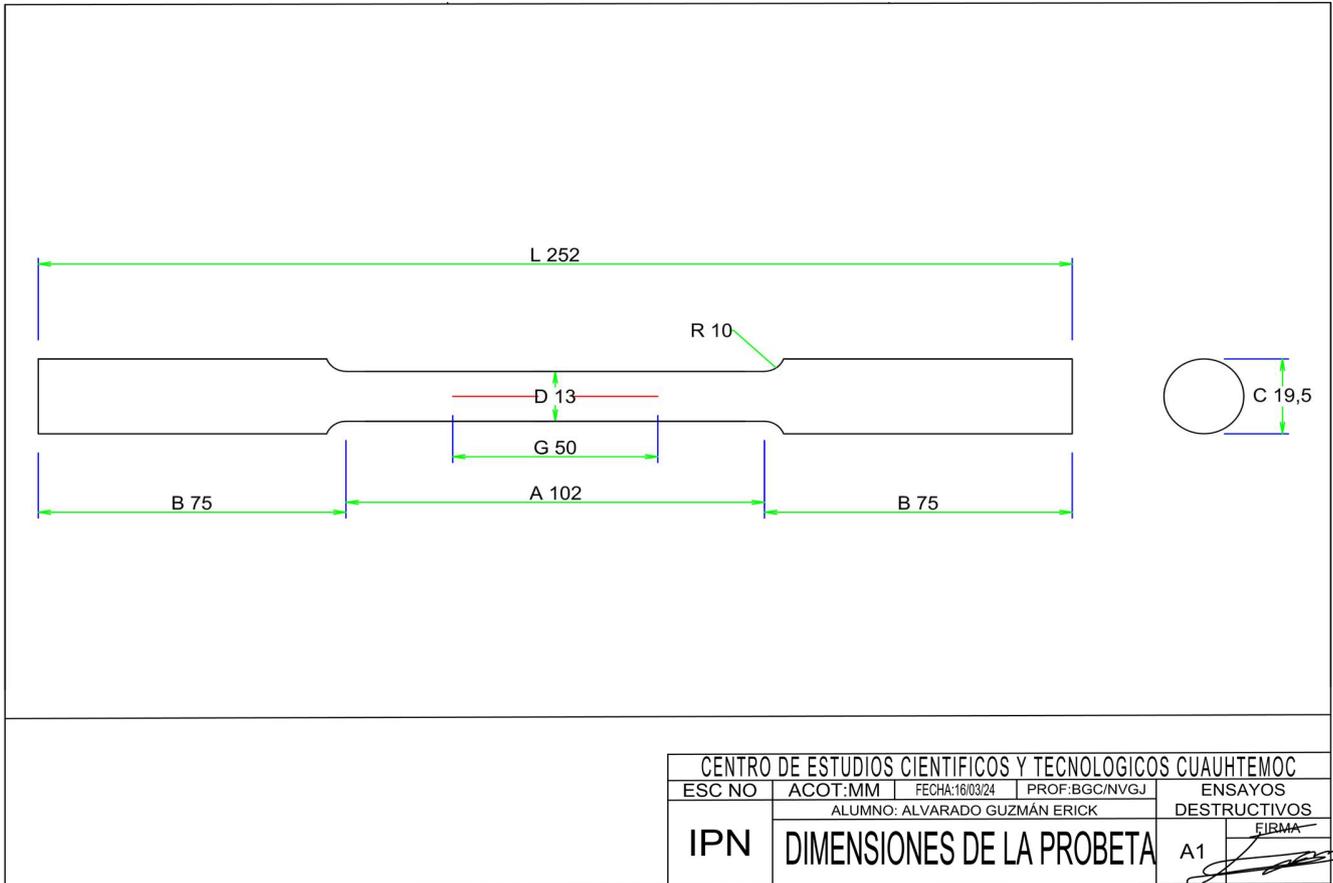


Fig. 4. Dimensiones en la probeta de aluminio (en milímetros)

Dimensiones Probeta de Aluminio	
Aspecto	Medida (mm)
G – Longitud calibrada	50
D – Diámetro	13
R – Radio de la zona de transición	10
A – Longitud sección reducida	102
L – Longitud total	252
B – Longitud zona de sujeción mas zona de transición	75
C – Diámetro zona de sujeción	19.5

Datos

Composición: Aluminio
 Maquinado: Torno mecánico
 Material utilizado: Barra 3/4”
 Terminación en los cabezales:
 Ninguna

Máquina de pruebas universal Shimadzu

La máquina utilizada en el ensayo de tensión fue Shimadzu modelo AG-IC 300kN, siendo una maquina eléctrica-digital de pruebas destructivas. Este modelo es de tipo suelo y alcanza una carga de trescientos mil newtons (aproximadamente treinta mil kilogramos de fuerza). Cuenta con mordazas para probetas planas y cilíndricas de diferentes rangos de diámetros. Asimismo, cuenta con llaves Allen para el ajuste de mordazas.

Especificaciones:

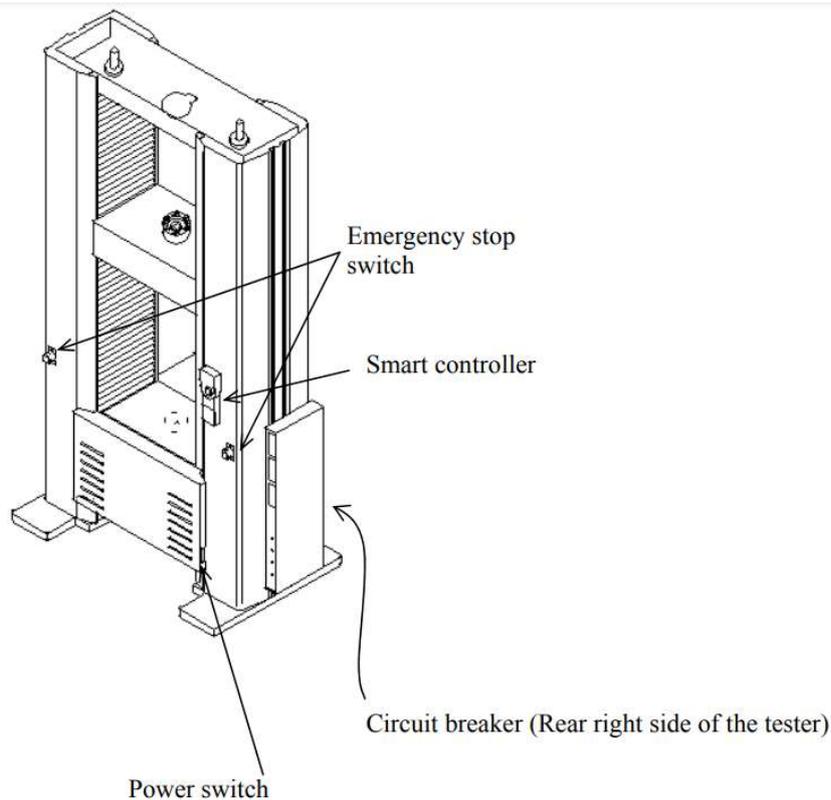
Capacidad máxima de carga 300 kN (30 000 kgf)

Precisión estándar de ensayo $\pm 1\%$ de la fuerza indicada

Velocidad de ensayo 0.005mm/min a 500mm/min

Corriente alterna 200V a 230V frecuencia de 50Hz a 60Hz

Peso base 900 kg



AG-IC series (floor-type) tester

Fig 5. Vista isométrica del equipo. (Manual de usuario Shimadzu AG-IC 100KN y 300KN)

Herramientas y accesorios

Se utilizaron llaves Allen para ajustar las mordazas en los cabezales de la máquina universal.

Se utilizaron instrumentos de medición tales como flexómetro y calibrador vernier para identificar y analizar las medidas de la probeta antes y después del ensayo.

Se utilizó cuatro mordazas para probeta cilíndrica que tuvieran 19mm en su rango.



Fig. 6. Llaves Allen (referencia)



Fig. 7. Calibrador vernier (referencia)



Fig. 8. Mordazas en cabezal (referencia)



Fig. 9. Flexómetro (referencia)

Desarrollo de la práctica

Acero

Durante los primeros minutos de la práctica se buscaron las mordazas que encajaran en el diámetro de la zona de sujeción de la probeta, las herramientas para ajustarlas y se encendió la máquina shimadzu y una computadora conectada.



Fig. 10. Probeta de acero antes del ensayo

Después, se colocaron las mordazas en los cabezales, se ajustaron los tornillos y se abrieron las mordazas.

Se colocó la probeta en la mordaza y se ajustó para que no se desplace. La probeta fue entintada ligeramente con plumón permanente.

Se establecieron los parámetros de la máquina en cero y se realizó un nuevo método en el programa, especificado ensayo, dimensiones, material y tipo de probeta.

Se puso en marcha el ensayo y se observó la gráfica en desarrollo. Asimismo, se observaron los cambios en la probeta, y se relacionaron con los datos en carga y deformación en el momento.

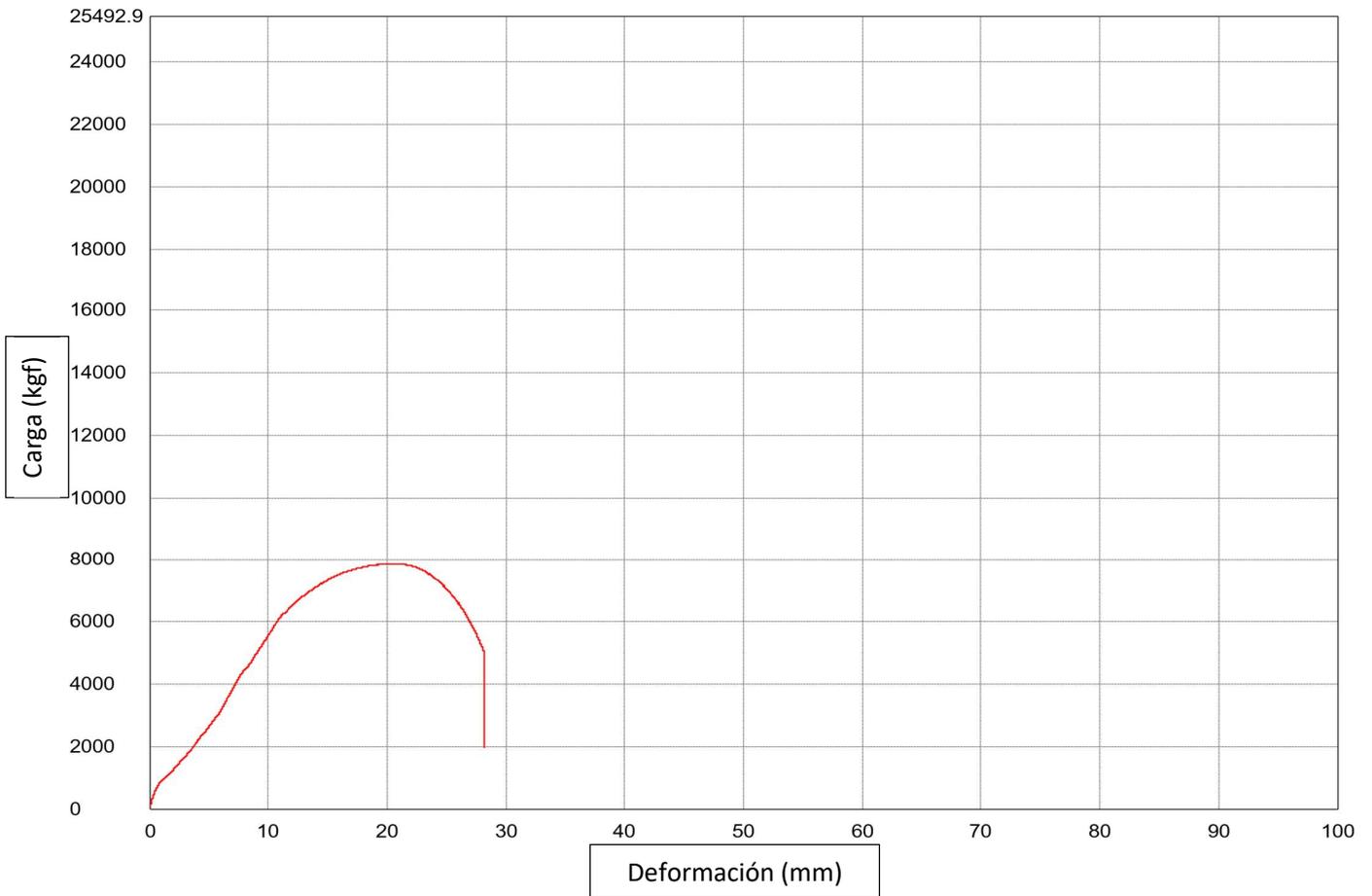


Fig. 11. Colocación de mordazas



Fig. 12. Probeta ajustada antes de comenzar el ensayo

Resultados obtenidos en la práctica (acero)



Velocidad de ensayo: 1mm/min

Dimensiones de la probeta al finalizar el ensayo:

- Diámetro de la zona de calibración: 7.38mm
- Longitud total final: 263mm
- Área calibrada final: 42.77mm²

Fig. 13 y 14. Probeta después del ensayo

Aluminio

Al igual que la probeta de acero, se realizó un método de ensayo al mismo tiempo que se buscaban unas mordazas adecuadas para el diámetro de la zona de sujeción (19.5mm)

Se colocó la probeta en los cabezales de la máquina shimadzu de la misma manera en que la otra probeta fue colocada.

Una vez listo todo, se colocaron todos los valores en cero, se encendió el proyector y comenzó el ensayo.

Se observó la gráfica en desarrollo al mismo tiempo que se observaron los cambios en la probeta, y se relacionaron con los datos en carga y deformación en el momento.

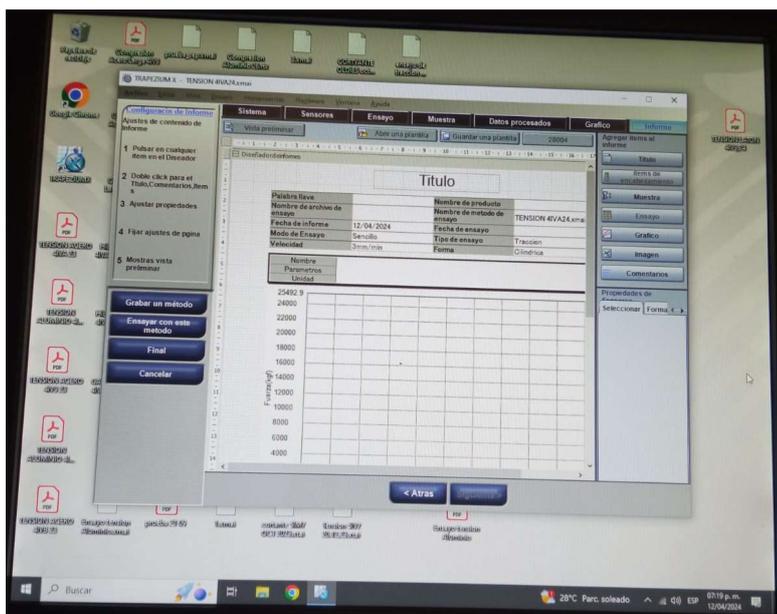
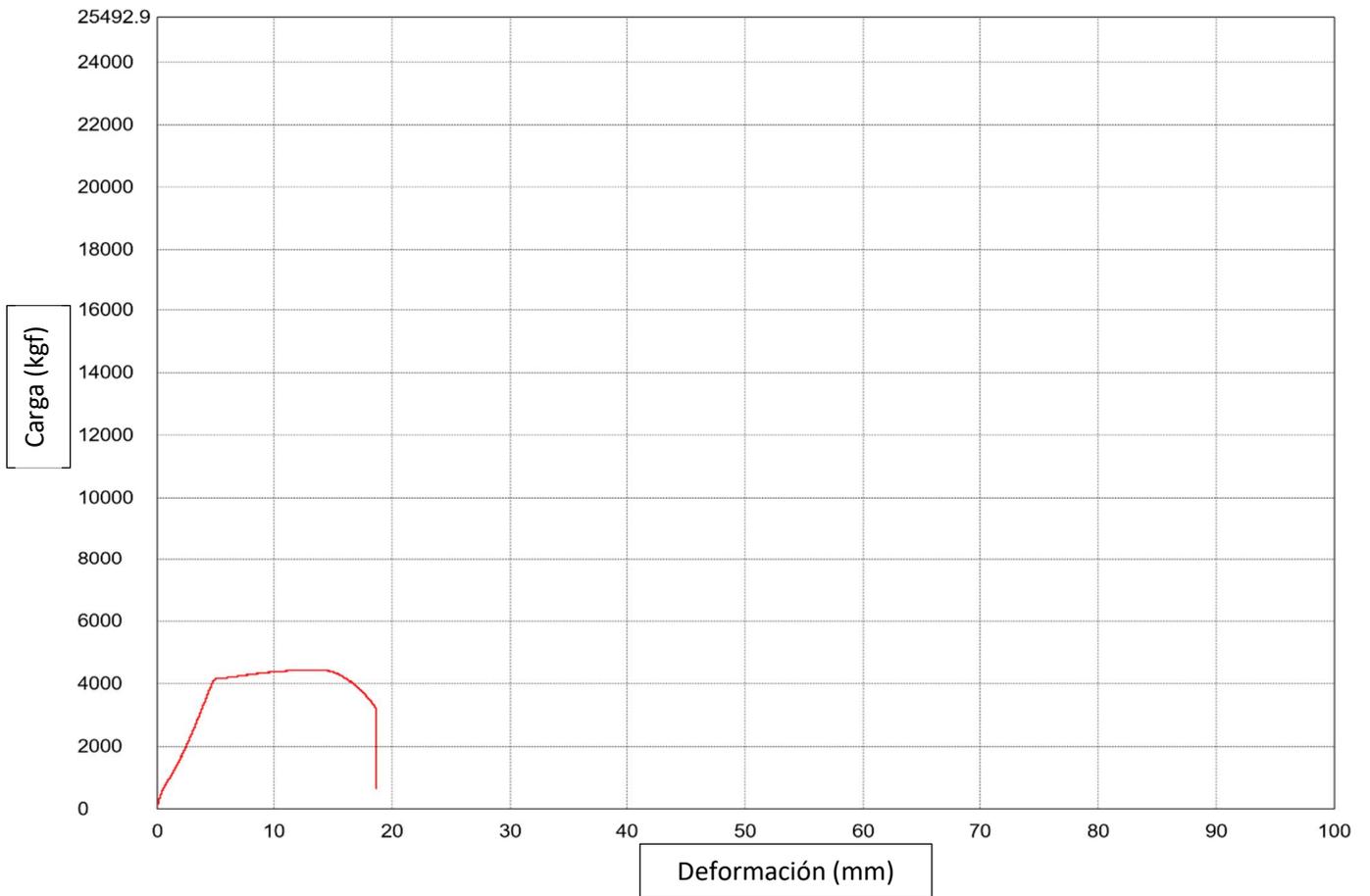


Fig. 15. Método de ensayo



Fig. 16. Probeta antes del ensayo

Resultados obtenidos en la práctica (aluminio)



Velocidad de ensayo: 3mm/min

Dimensiones de la probeta al finalizar el ensayo:

-Diámetro de la zona de calibración: 9.37mm

-Longitud total final: 266mm

-Área calibrada final: 68.95mm²

Fig. 17 y 18. Fractura y probeta después del ensayo

Observaciones generales

Al inicio de la práctica con la probeta de acero, hubo un error donde se dobló ligeramente la probeta al ajustarla en los cabezales de la máquina, el cual se pudo haber evitado al no ejercer carga con el modo manual del equipo.

Durante los primeros minutos la deformación incrementaba al mismo ritmo que la fuerza, viéndose en la gráfica como una línea casi recta. Con esto se puede demostrar la propiedad elástica del material.

Al observar que la línea se mantiene proporcionada hasta los 6000 kg de carga, se puede deducir que el límite elástico se encuentra alrededor de este punto. Por lo que, si se detuviese la carga dentro de este rango, el material regresaría a su longitud inicial (245mm).

Después de este punto, la proporción se pierde y se crea una curva.

Durante el ensayo, la fuerza dejó de aumentar tanto, y la longitud se disparó cada vez más. Tras esto, se puede deducir que, en esta zona, el material se comporta plásticamente y las deformaciones sufridas en estas condiciones serán permanentes.

A veinte minutos de terminar la práctica, la fuerza llegó a su máximo y la carga comenzó a descender, quedando casi 7900 kilogramos de fuerza máxima.

Tras unos minutos de descenso de la carga, la deformación volvió a ser proporcional. Aún seguía en la zona plástica del material, por lo que se esperaba ya el quiebre de la probeta.

Finalmente, la probeta se rompió. La carga en el punto de ruptura ronda los 5000 kilogramos de fuerza según la gráfica. La longitud final fue de 263mm. A su vez, el diámetro de la sección calibrada se vio reducido a 7.38mm.

Si bien, la tinta del plumón permanente se borró un poco, a simple vista se logra apreciar unos pequeños surcos o estrías en la parte que se redijo de la zona de calibración, al lado de la ruptura.

Por su parte, con la probeta de aluminio, no hubo ningún incidente.

A poco más de 4000 kilogramos llegó a su límite elástico, sin embargo, a diferencia del acero, la carga máxima no se extendió demasiado, siendo esta de 4500 kg aproximadamente. Tras alcanzar este número, la carga descendió bruscamente y el material quebró en 3200 kilogramos de fuerza.

La longitud final fue de 266mm. A su vez, el diámetro de la sección calibrada se vio reducido a 9.39mm.

Conclusiones generales

Acero

La carga máxima estimada en los cálculos previos estaba en 4469.01kgf, sin embargo, en el ensayo logró llegar a los 7900kgf, superando por el doble lo esperado. Revisando los cálculos, estos son correctos, por lo que se puede concluir que el dato del esfuerzo permisible consultado para el acero es erróneo.

Considerando los resultados de la práctica, podemos calcular un esfuerzo permisible para esta probeta de acero.

$$\sigma_p = \frac{P}{A} = \frac{7900kgf}{132.73mm^2} = 59.51kgf/mm^2$$

En conclusión, este acero tiene un esfuerzo máximo o permisible de 59.51 kilogramos de fuerza por cada milímetro cuadrado de área.

Analizando la gráfica, se puede concluir que este acero puede estirarse alrededor de 10mm y regresar a su tamaño original.

También se puede llegar a la conclusión de que, al aplicar más de 6000 kilogramos de fuerza se puede dar una nueva forma permanente a la probeta.

Por la forma de la gráfica, se puede concluir que el material posee una buena ductilidad.

Finalmente, se puede calcular el esfuerzo de ruptura, y su límite y módulo elástico.

Esfuerzo de ruptura:

$$\sigma_{ruptura} = \frac{P}{A} = \frac{5000kgf}{132.73mm^2} = 36.30kgf/mm^2$$

Límite elástico

$$\sigma_{lim. elástico} = \frac{P}{A} = \frac{6000kgf}{132.73mm^2} = 45.20kgf/mm^2$$

Módulo elástico

$$E = \frac{P L_i}{A \Delta_L} = \frac{(6000kgf)(245mm)}{(132.73mm^2)(12mm)} = 922.92kgf/mm^2$$

Por lo que, este material será elástico bajo 45.20kgf/mm² de esfuerzo, una vez que alcance uno de 59.51kgf/mm², se romperá al descender a 36.30kgf/mm²

El área inicial de la zona de calibración es de 132.73mm² y la final de 42.77mm²; Su longitud inicial es 245mm y su longitud final de 263mm. Con esto se puede calcular los siguientes datos:

%Elongación o estiramiento

$$\varepsilon\% = \frac{L_f - L_i}{L_f} * 100 = \frac{(263mm) - (245mm)}{(263mm)} * 100 = 6.84\%$$

%Estricción

$$\varepsilon\% = \frac{A_f - A_i}{A_i} * 100 = \frac{(42.77mm^2) - (132.73mm^2)}{(132.73mm^2)} * 100 = -67.77\%$$

Aluminio

La carga máxima estimada en los cálculos previos estaba en 1353.84kgf, sin embargo, en el ensayo logró llegar a los 4500kgf, superando por el triple lo esperado. Revisando los cálculos, estos son correctos, por lo que se puede concluir que el dato del esfuerzo permisible consultado para el aluminio es erróneo.

Considerando los resultados de la práctica, podemos calcular un esfuerzo permisible para esta probeta de aluminio.

$$\sigma_p = \frac{P}{A} = \frac{4500kgf}{132.73mm^2} = 33.90kgf/mm^2$$

En conclusión, este aluminio tiene un esfuerzo máximo o permisible de 33.90 kilogramos de fuerza por cada milímetro cuadrado de área.

Analizando la gráfica, se puede concluir que este aluminio puede estirarse alrededor de 5mm y regresar a su tamaño original.

También se puede llegar a la conclusión de que, al aplicar más de 4000 kilogramos de fuerza se puede dar una nueva forma permanente a la probeta.

Finalmente, se puede calcular el esfuerzo de ruptura, y su límite y módulo elástico.

Esfuerzo de ruptura:

$$\sigma_{ruptura} = \frac{P}{A} = \frac{3200kgf}{132.73mm^2} = 24.10kgf/mm^2$$

Límite elástico

$$\sigma_{lim. elastico} = \frac{P}{A} = \frac{4000kgf}{132.73mm^2} = 30.13kgf/mm^2$$

Módulo elástico

$$E = \frac{P L_i}{A \Delta_L} = \frac{(4000kgf)(245mm)}{(132.73mm^2)(12mm)} = 615.28kgf/mm^2$$

Por lo que, este material será elástico bajo 30.13kgf/mm² de esfuerzo, una vez que alcance uno de 33.90kgf/mm², se romperá al descender a 24.10kgf/mm²

El área inicial de la zona de calibración es de 132.73mm² y la final de 68.95mm²; Su longitud inicial es 245mm y su longitud final de 266mm. Con esto se puede calcular los siguientes datos:

%Elongación o estiramiento

$$\varepsilon\% = \frac{L_f - L_i}{L_f} * 100 = \frac{(266\text{mm}) - (245\text{mm})}{(266\text{mm})} * 100 = 7.89\%$$

%Estricción

$$\varepsilon\% = \frac{A_f - A_i}{A_i} * 100 = \frac{(68.95\text{mm}^2) - (132.73\text{mm}^2)}{(132.73\text{mm}^2)} * 100 = -48.05\%$$

Comparación

	Acero	Aluminio
Estiramiento	6.84%	7.89%
Estricción	-67.77%	-48.05%

Con esta tabla, podemos ver que el aluminio se estira más perdiendo menos área en comparación con el acero, el cual pierde más de la mitad de su área para estirarse menos.

Bibliografía y cibergrafía

ASTM E8 Ensayo de tracción de materiales metálicos. (s. f.). Instron. <https://www.instron.com/es-ar/testing-solutions/astm-standards/the-definitive-guide-to-astm-e8-e8m#:~:text=ASTM%20E8%2FE8M%20es%20uno,para%20las%20pruebas%20de%20metales>

Ensayo de tracción de materiales según ISO 6892-1. (s. f.). Instron. <https://www.instron.com/es-ar/testing-solutions/iso-standards/iso-6892>

Nash, W. (1995). *Resistencia de materiales* (2.^a ed.). McGRAW-HILL INC.

Ortiz, L. (2007). *Resistencia de materiales*. (3.^a ed.). GAAP Editorial SL.

Parra, S. (2018, 10 septiembre). Medición de la fuerza del metal (Tensión). Blog Láminas y Aceros. <https://blog.laminasyaceros.com/blog/medici%C3%B3n-de-la-fuerza-del-metal-tensi%C3%B3n>

Pedia, I. (2023a, mayo 19). Prueba de tracción: Una guía completa sobre esta prueba mecánica fundamental. [ingenieriapedia.com. https://ingenieriapedia.com/prueba-de-traccion/#more-1261](https://ingenieriapedia.com/prueba-de-traccion/#more-1261)

Pedia, I. (2023b, julio 12). Acero AISI SAE 1006: Propiedades, aplicaciones y usos. [ingenieriapedia.com. https://ingenieriapedia.com/acero-aisi-sae-1006/#Propiedades_mecanicas_del_acero_AISI_1006](https://ingenieriapedia.com/acero-aisi-sae-1006/#Propiedades_mecanicas_del_acero_AISI_1006)

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (1981). Norma Mexicana NMX-B-310-1981. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1981/nmx-b-310-1981.pdf>

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (1994). Norma Mexicana NMX-CH-027-1994 [Scribd]. <https://es.scribd.com/document/492360167/nmx-ch-027-1994>

Shimadzu. (s. f.). Autograph AG-IC Series. Shimadzu Precision Universal Tester. Yumpu. <https://www.yumpu.com/en/document/read/5860059/autograph-ag-ic-series>

Shimadzu Corporation Kyoto Japan. (s. f.). Shimadzu AG-IC 100KN and 300KN Instruction Manual 349-05554B [Scribd]. <https://es.scribd.com/document/582614252/Shimadzu-AG-IC-100-KN-and-300-KN-Instruction-Manual-349-05554B>

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (s. f.). Esfuerzos permisibles. Studocu. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-agustin-de-arequipa/resistencia-de-materiales/esfuerzos-permisibles/80886041>

Veléz, L. M. (2008). *Materiales industriales. Teoría y aplicaciones*. (1.^a ed.). Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM).