



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA

# MANUAL MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
LABORATORIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
LABORATORIO INTENSIVO



Guatemala, segundo semestre 2022

## PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00 - 12:00	<b>Práctica 1:</b> Acero Estructural
Martes	8:00–12:00	<b>Práctica 2:</b> Concreto
Miércoles	08:00-12:00	<b>Práctica 3:</b> Madera
Jueves	8:00-12:00	<b>Práctica 4:</b> Mampuestos
Viernes	8:00-12:00	Examen Final

### Materiales necesarios para las prácticas de Materiales de Construcción.

Práctica	Material
<b>1</b>	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas Computadora con Excel
<b>2, 3 y 4</b>	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas

## INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Se trabajará en grupos con un máximo de seis personas, asignando un coordinador por grupo que sea mayor de edad. Deberán atenderse las siguientes **indicaciones**:

1. Presentarse puntualmente a la hora de inicio de laboratorio (aplica a clase teórica o práctica) ya que en ese momento se cerrará la puerta y se procederá a realizar el examen corto. Al terminar dicho examen se dejará entrar a las personas que llegaron tarde (no más de 15 minutos tarde), pero sin derecho a examinarse. **SIN EXCEPCIONES.**
2. Cada uno de los integrantes del grupo debe presentar su propio manual de laboratorio todos los días.
3. Contar con los implementos de seguridad y los conocimientos adecuados:
  - Bata de laboratorio (debe estar debidamente abrochada), lentes de protección, guantes desechables y papel mayordomo para la limpieza.
  - Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
  - Conocer la teoría de la práctica a realizar.
  - **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros.**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

4. Cada grupo debe revisar cuidadosamente el equipo que le corresponde; al ingresar al laboratorio, el coordinador del grupo debe presentar su DPI. Al terminar la práctica, deben permanecer dentro del laboratorio únicamente dichos coordinadores para que juntamente con el instructor revisen, mesa por mesa, que el equipo utilizado se encuentre en las mismas condiciones en las que fue entregado. En caso de cualquier faltante o rotura, el grupo completo debe encargarse de reponer el equipo. Se devolverá el DPI al coordinador cuando el equipo sea entregado al instructor. De lo contrario todo el grupo tendrá CERO en la nota final de laboratorio y se enviará el reporte a su respectiva sede.
5. No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio, visitas durante la realización de la práctica, hablar a través de las ventanas o salirse sin previo aviso.
6. Se prohíbe terminantemente comer, beber, fumar o masticar chicle dentro del laboratorio. Éstos también serán motivos para ser expulsado del laboratorio. No se debe consumir reactivos o materiales del laboratorio.
7. Al finalizar la práctica deberá entregar al instructor la hoja con los datos originales, que contiene en una forma breve y concisa todas las observaciones.

## **NORMAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL LABORATORIO**

El laboratorio es un lugar de trabajo serio y se debe comportarse de forma adecuada. Se trabaja con productos y reactivos químicos de diversa peligrosidad, que si se manejan de una forma adecuada y apropiada, la seguridad no será afectada. Las siguientes reglas de seguridad se aplican a todo laboratorio químico:

1. Los ojos deben ser protegidos durante todo el periodo de laboratorio sea o no peligroso lo que se esté realizando.
2. Lavarse las manos después de efectuar transferencias de líquidos o cualquier otra manipulación de reactivos.
3. Las personas que tienen el cabello largo deberán llevarlo siempre agarrado con algún accesorio para evitar accidentes.
4. Queda estrictamente prohibido usar faldas, short y/o sandalias.
5. Cualquier accidente, aún la menor lesión debe informarse de inmediato al instructor del laboratorio. ¡no dude en pedir ayuda si tiene un problema!
6. No intente ningún experimento no autorizado, sólo deben realizarse las prácticas explicadas por el instructor y la guía de laboratorio.
7. Si se derrama o salpica un reactivo químico sobre usted, se debe lavar y diluir con agua la zona afectada de inmediato.
8. Al trabajar con ácidos o bases concentradas, se deben diluir estos en agua y no en forma inversa, ya que el calor generado provocaría la evaporación del agua y como consecuencia, posibles salpicaduras del ácido o la base.
9. Nunca debe dejar de prestar atención al experimento en curso.
10. Leer el manual de laboratorio cuidadosamente antes de ingresar al mismo, esto le ayudará en la toma de datos y a mejorar su seguridad y eficacia en el laboratorio.
11. Lave bien la cristalería antes y después de usarla.
12. Antes de usar reactivos no conocidos, consultar la bibliografía adecuada e informarse sobre cómo manipularlos y descartarlos.
13. Mantener siempre el orden y limpieza de las mesas y aparatos de laboratorio y colocar sobre estas solo aquellos utensilios que sean indispensables para la práctica.
14. Al terminar la práctica de laboratorio asegúrese de que la mesa quede limpia y las llaves de gas estén perfectamente cerradas.
15. No se permite correr o jugar dentro del laboratorio.

**Nota: Cualquier infracción a alguna de las anteriores reglas, lo hacen acreedor a la expulsión de la práctica del día, perdiendo su asistencia a la misma, aunque se haya hecho acto de presencia.**

## REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Las secciones de las cuales consta un reporte, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

a. Carátula.....	0 puntos
b. Objetivos.....	20 puntos
c. Resumen.....	20 puntos
d. Resultados.....	20 puntos
e. Interpretación de Resultados.....	20 puntos
f. Conclusiones.....	20 puntos
g. Bibliografía.....	0 puntos
Total.....	100 puntos

En caso de no concordar entre la hoja de datos original y los datos u observaciones citados dentro del reporte automáticamente se anulará el reporte.

Por cada falta de ortografía o error gramatical, se descontará un punto sobre cien, todas las mayúsculas se deben de tildar. Es importante dirigirse al lector de una manera impersonal, de manera que expresiones tales como “obtuvimos”, “hicimos”, “observé”, serán sancionadas. Si se encuentran dos reportes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- OBJETIVOS:** Son las metas que se desean alcanzar en la práctica de investigación. Se inician generalmente con un verbo, que guiará a la meta que se desea alcanzar, los verbos finalizan en AR, ER o IR, ejemplo: reconocer, determinar, etc. Deben ser verbos cuantificables, únicamente se utiliza un verbo por cada objetivo, deben estar en concordancia con las conclusiones.
- RESUMEN:** Es una síntesis de lo que se realizó en la práctica de investigación explicando ¿qué se hizo?, ¿cómo se hizo? y ¿a qué se llegó? El contenido debe ocupar media página como mínimo y una página como máximo.
- RESULTADOS:** En esta sección deben incluirse todos los datos obtenidos al final de la práctica. Por ejemplo, masa o volumen recuperado, concentración de soluciones o cualquier otro tipo de resultado final. Deben presentarse, de preferencia, en tablas debidamente ordenadas para mayor facilidad al interpretar. Ejemplo:

Tabla No. 1: Ejemplo de entrega de Resultados

Líquido	Densidad experimental	Densidad real
Agua	XXX g/mL	Investigar
Vinagre	XXX g/mL	Investigar

Fuente: Laboratorio de Química Inorgánica. Universidad Rural de Guatemala.

- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:** Esta sección corresponde a una demostración, explicación y análisis de todo lo que ocurrió y resultó de la práctica,

interpretando de una manera cuantitativa y cualitativa, tanto los resultados como los pasos seguidos para la obtención de los mismos. Aun cuando la discusión se apoya en la bibliografía, no debe ser una transcripción de la misma, ya que el estudiante debe explicar con sus propias palabras y criterio lo que sucede en la práctica. Cuando se haga uso de la teoría en alguna parte de la discusión debe indicarse colocando al final de párrafo (que debe ir entre comillas), la bibliografía de donde se obtuvo la información. La forma de colocarlo es la siguiente: (Ref. 1 Pág. 5). En cuanto a los resultados propiamente dichos, deben explicarse el porqué de los mismos. Debe hacerse una comparación entre el resultado experimental y el resultado real de cada objeto de estudio.

- e. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del reporte. Las conclusiones son “juicios críticos razonados” a los que ha llegado el autor, después de una cuidadosa consideración de los resultados del estudio o experimento y que se infieren de los hechos. Deberán ser lógicos, claramente apoyados y sencillamente enunciados. Esta sección deberá ser extraída de la interpretación de resultados ya que allí han sido razonados y deben de ir numeradas. Se redacta una conclusión por cada objetivo planteado.
- f. **BIBLIOGRAFÍA:** Esta sección consta de todas aquellas referencias (libros, revistas, documentos) utilizados como base bibliográfica en la elaboración del reporte. Deben citarse, como mínimo 3 referencias bibliográficas (**EL INSTRUCTIVO NO ES UNA REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**), las cuales deben ir numeradas y colocadas en orden alfabético según el apellido del autor. Todas deben estar referidas en alguna parte del reporte. La forma de presentar las referencias bibliográficas es la siguiente:
1. BROWN, Theodore L.; LEMAY, H.Eugene; BURSTEN, Bruce E. *Química la ciencia central*. 7ª ed. México: Prentice-Hall, 1998. 682 p.

## DETALLES FÍSICOS DEL REPORTE

- El reporte debe presentarse en hojas de papel bond tamaño carta.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del reporte deben estar escritas a mano CON LETRA CLARA Y LEGIBLE.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

## IMPORTANTE:

Los reportes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio SIN EXCEPCIONES. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. ES IMPORTANTE TENER TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS.

## PRÁCTICA No. 1: ACERO ESTRUCTURAL

### 1. Objetivos

- 1.1. Reconocer la importancia del acero estructural en el campo de la construcción.
- 1.2. Interpretar la gráfica de esfuerzo – deformación para el acero estructural.
- 1.3. Construir una gráfica de esfuerzo – deformación típica para el acero estructural.

### 2. Marco teórico

#### ACERO ESTRUCTURAL

El acero estructural en la construcción, su principal uso es para edificar la base sobre la que se levantan las estructuras básicas de los edificios: columnas, vigas, losa, cimentación, etc.

El grado del acero no es más que su resistencia a los esfuerzos de tensión y compresión que normalmente generan las cargas de la estructura, se fabrican en diferentes grados, como lo pueden ser grado 40 y 60 que son los más utilizados en Guatemala.

ESPECIFICACIONES						
Varilla N°	Medida		Peso kg/m	Perímetro mm	Área cm	Piezas ton
	mm	pulg.				
2.5	7.9	5/16	0.374	24.8	0.49	217~7
3	9.5	3/8	0.557	29.8	0.71	149~4
4	12.7	1/2	0.996	39.9	1.27	84~2
5	15.9	5/8	1.560	50.0	1.99	54~1
6	19.1	3/4	2.250	60.0	2.87	37~1
8	25.4	1	3.975	79.8	5.07	21
10	31.8	1 1/4	6.225	99.9	7.94	13
12	38.1	1 1/2	8.938	119.7	11.40	9

#### NORMA COGUANOR NTG 36011: Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto

Esta norma trata sobre las barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto en tramos cortados y rollos, fabricados y/o comercializados en el país.

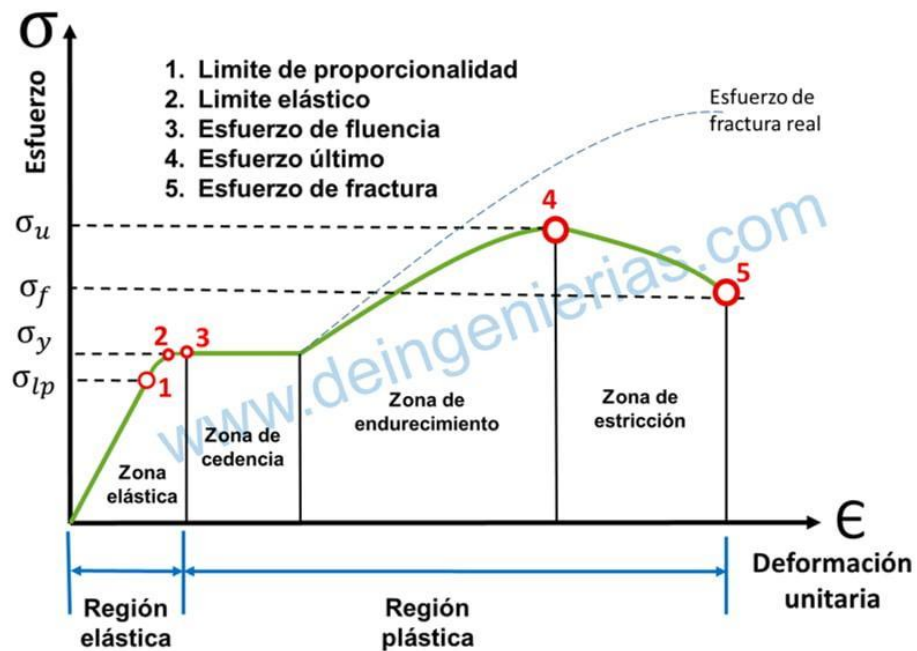
Las barras tienen cuatro niveles de límite de fluencia mínima: 280 MPa (40,000 psi), 420 MPa (60,000 psi), 520 MPa (75,000 psi) y 550 MPa (80,000 psi), designados como Grado 40, grado 60, grado 75 y grado 80, respectivamente.

#### REQUISITOS DE TRACCIÓN O TENSIÓN:

El límite de fluencia (o punto cedente) debe ser determinado por uno de los siguientes métodos:

- El límite de fluencia debe ser determinado por la detención o caída de la aguja indicadora o la detención del indicador digital de la máquina de ensayo, cuando el acero ensayado tiene un límite de fluencia bien definido.
- Cuando el acero ensayado no tiene un límite de fluencia bien definido, el límite de fluencia debe ser determinado por el método del corrimiento del 0.2% (offset), como se describe en el “Método de Ensayos y Definiciones de ASTM A370”.

### GRÁFICA ESFUERZO – DEFORMACIÓN ACERO



### EJEMPLO DE GRÁFICA ESFUERZO DEFORMACIÓN

Realizar la gráfica de esfuerzo – deformación, utilizando las siguientes ecuaciones y valores iniciales del ensayo:

$L_t = 403 \text{ mm}$   
 $L_c = 203 \text{ mm}$   
 $w = 25.40 \text{ mm}$   
 $e = 6.40 \text{ mm}$   
 $\text{Área} = 162.56 \text{ mm}^2$

$$\sigma = \frac{P}{A}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{L_c}$$



Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Deformación (mm/mm)

$P$  = Carga (N)

$A$  = Área (mm<sup>2</sup>)

$L_c$  = Longitud calibrada (mm)

$L_t$  = Longitud total (mm)

$w$  = Largo (mm)

$e$  (mm) = Ancho (mm)

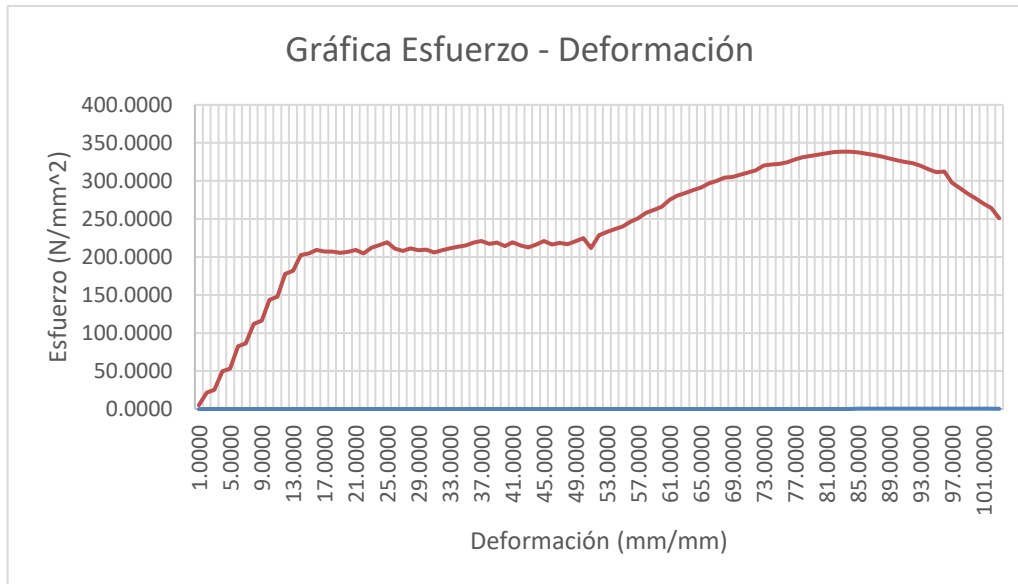
Fuerza - Alargamiento	
$\Delta l$ (mm)	F(N)
0	827.3
0.072	3503.7
0.215	4111.9
0.286	8102.2
0.429	8613.1
0.501	13406.3
0.644	14038.9
0.716	18223.8
0.823	18929.4
Esfuerzo - Deformación	

$\varepsilon$ (mm/mm)	Esfuerzo (N/mm <sup>2</sup> )
0.0000	5.09
0.0004	21.55
0.0011	25.29
0.0014	49.84
0.0021	52.98
0.0025	82.47
0.0032	86.36
0.0035	112.11
0.0041	116.45

### **EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA PRIMERA CORRIDA**

$$- \varepsilon = \frac{\Delta l}{L_c} = \frac{0.072}{203} = 0.0004 \frac{mm}{mm}$$

$$- \sigma = \frac{P}{A} = \frac{3503.7N}{162.56 mm^2} = 21.55 N/mm^2$$



**3. Reportar (con los datos de la hoja de trabajo):**

- Valor aproximado del límite de fluencia
- Valor aproximado del límite del esfuerzo máximo
- Valor real del esfuerzo de ruptura
- Gráfica de Esfuerzo – Deformación (Papel milimetrado)

## PRÁCTICA NO. 2: CONCRETO

### 1. Objetivos:

- 1.1. Reconocer las generalidades de la norma técnica que rige al ensayo de cilindros de concreto.
- 1.2. Analizar e interpretar la gráfica de esfuerzo – deformación del concreto.
- 1.3. Calcular el valor teórico de la resistencia a compresión del concreto.

### 2. Marco teórico.

#### **NORMA COGUANOR NTG 41017 h1**

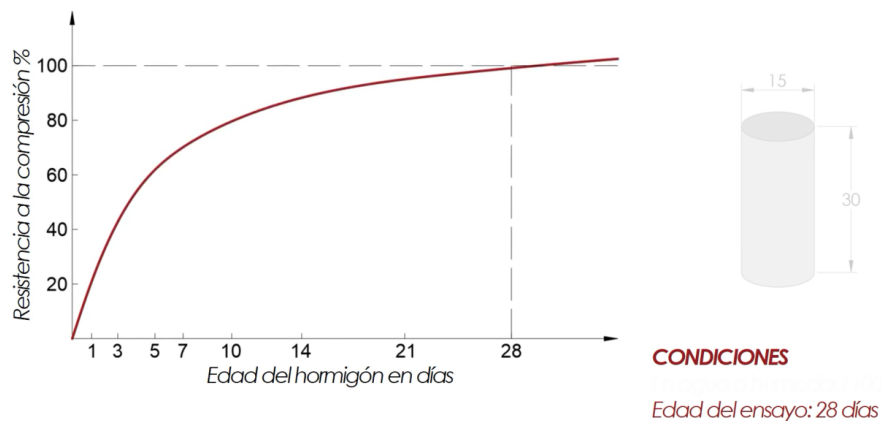
Esta norma está basada en la norma ASTM C 39 y trata de un método de ensayo, que sirve para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

#### **Esfuerzo a la compresión del concreto:**

Para estimar la resistencia del concreto, la norma ASTM C31 fórmula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo con la ASTM C39, Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

En la mayoría de los países la edad normativa en la que se mide la resistencia mecánica del concreto es la de 28 días, aunque hay una tendencia para llevar esa fecha a los 7 días. Es frecuente determinar la resistencia mecánica en periodos de tiempo distinto a los 28 días, pero suele ser con propósitos meramente informativos.

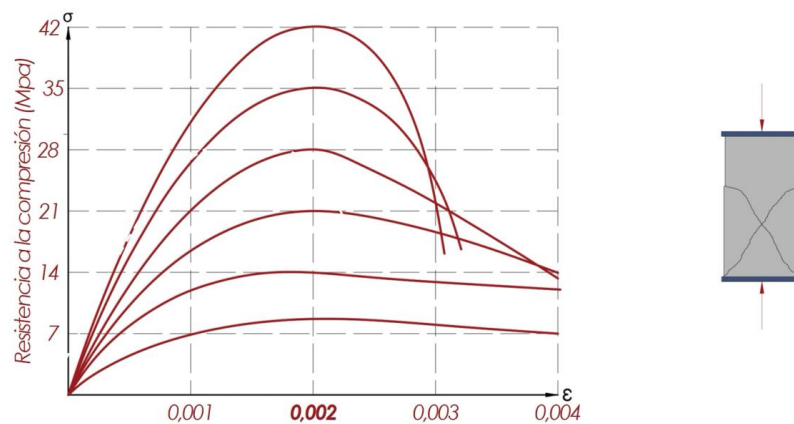


#### **Gráfica esfuerzo – deformación del concreto:**

El diagrama esfuerzo – deformación es una representación gráfica, que resulta de representar los esfuerzos que sufre un material en función de la deformación que experimenta al mismo tiempo. Este diagrama comprende varios puntos clave, en el caso del concreto, el punto máximo de la gráfica, nos representa el valor del  $f'c$ , que es muy importante en el campo de la ingeniería civil.

El valor de  $f'c$ , nos representa la capacidad de soporte a la compresión del concreto, el cual es utilizado para el diseño de elementos estructurales, tales como las columnas, vigas, losa, cimentaciones, etc.

## Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$ Hormigón a compresión



### **Procedimiento:**

Los ensayos de compresión de especímenes curados en aire húmedo deben ser hechos tan pronto como sea práctico después de sacarlos del almacenamiento húmedo.

Los especímenes de ensayo deben ser mantenidos húmedos por cualquier método conveniente durante el período entre que se sacan del almacenamiento húmedo y el ensayo. Deben ser ensayados en condición húmeda.

Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles.

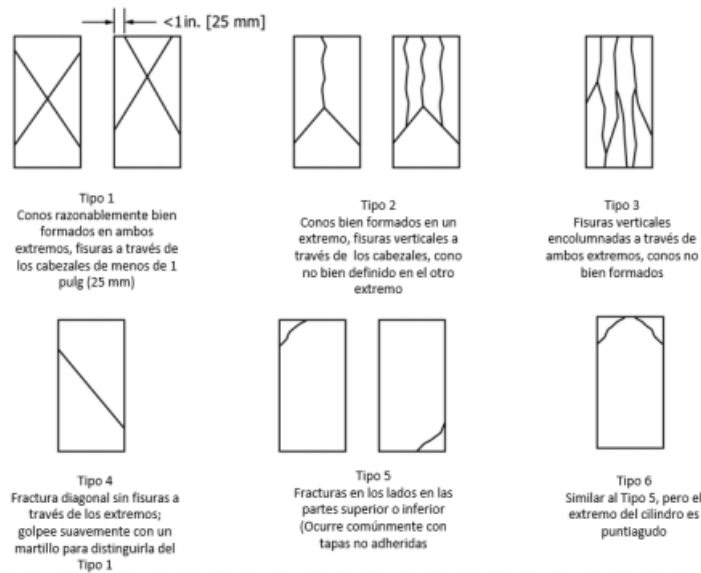
**Cuadro 2. Edades de ensayo y tolerancias admisibles**

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0.5 horas
3 días	± 2 horas
7 días	± 6 horas
28 días	± 20 horas
90 días	± 2 días

**Fuente: Norma COGUANOR NTG 41017 h1**

La carga debe aplicarse a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de 0.25 +/- 0.05 MPa/s. La velocidad de movimiento designada debe ser mantenida al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista.

Se aplica la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que la carga está decreciendo progresivamente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido.



**Cálculos:**

Se calculará la resistencia a la compresión del espécimen de la siguiente manera:

- Para unidades del sistema internacional (SI)

$$f_{cm} = \frac{4000P_{m\acute{a}x}}{\pi D^2}$$

- Para unidades libra pulgada

$$f_{cm} = \frac{4P_{m\acute{a}x}}{\pi D^2}$$

Donde:

$f'_c$  = Resistencia a la compresi3n en Pa (lb/pulg<sup>2</sup>)

$P_{m\acute{a}x}$  = Carga m\acute{a}xima kN (lb fuerza)

$D$  = Medida del di\`ametro promedio en m (pulg)

### **EJEMPLO:**

Para un esp\`ecimen cil\`indrico de concreto de resistencia dise\`nada de 4000 psi, con un curado de 28 d\`ias al 100% de humedad con las siguientes dimensiones, calcule la resistencia a la compresi3n en MPa y en psi.

$D$  = 6 pulgadas

$h$  = 12 pulgadas

$P_{m\acute{a}x}$  = 52,000 Kgf

### **Soluci3n:**

$P_{m\acute{a}x} = 52,000 \text{ kgf} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 510,120 \text{ N} = 510.12 \text{ kN}$

$P_{m\acute{a}x} = 52,000 \text{ kgf} \cdot 2.2 = 114,400 \text{ lb}$

$D = 6 \text{ pulg} = 0.1524 \text{ m}$

$$f'_c = \frac{4000P_{m\acute{a}x}}{\pi D^2} = \frac{4000(510.12)}{\pi(0.1524)^2} = 27,964,852.67 \text{ Pa} \rightarrow 27.965 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = \frac{4P_{m\acute{a}x}}{\pi D^2} = \frac{4(114,400)}{\pi(6)^2} = 4,046.07 \text{ psi}$$

Entonces se concluye que la muestra de concreto s\`i alcanz3 a los 28 d\`ias, la resistencia requerida.

### **3. Reportar:**

- Las normas aplicables al concreto en Guatemala.
- Realizar una gr\`afica aproximada para un cilindro ensayado a los 28 d\`ias, para una resistencia de 6000 psi, con un di\`ametro de 6" y una carga aplicada de 170,000 libras.

## PRÁCTICA No. 3: MADERA

### 1. Objetivos:

- 1.1. Reconocer las propiedades mecánicas de la madera.
- 1.2. Adquirir conocimientos sobre los ensayos realizados en la madera.
- 1.3. Realizar los cálculos para obtener los valores de las propiedades mecánicas de la madera.

### 2. Marco Teórico:

La madera es un material con distinta elasticidad que depende de las direcciones de deformaciones. Se obtiene de los árboles que en su crecimiento muestra anillos según su crecimiento y en el lugar donde se encuentra será la dependencia de la resistencia y dureza que tendrá.

#### **Propiedades mecánicas de la madera:**

Estas propiedades determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas, alterando su tamaño, dimensión o deformación.

El conocimiento de las propiedades mecánicas se obtiene a través de ensayos, determinando los valores de los esfuerzos a los que puede ser sometida. La carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado.

El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie.

#### **Ensayos:**

Se realizan en dos estados de contenido de humedad, uno con probetas de humedad superior a 30% (estado verde), y el segundo con probetas de humedad al 12% (estado seco al aire).

- Compresión paralela a las fibras: Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad.
- Compresión normal a las fibras: Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.
- Flexión estática: Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

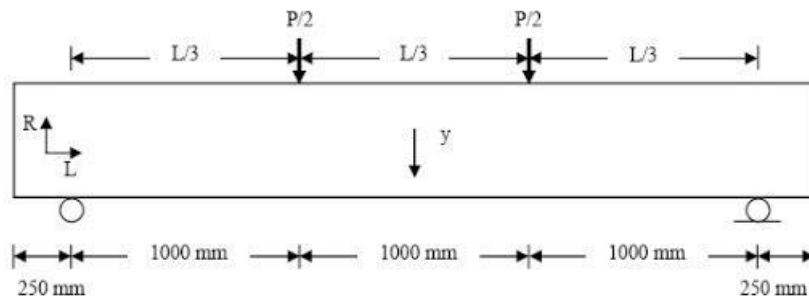
#### **Norma ASTM D – 198 – 84: Flexión Estática**

Con este método es posible determinar las propiedades mecánicas de las vigas estructurales de madera sólida, madera laminada y madera compuesta. El método, en sí, está proyectado, principalmente para secciones rectangulares transversales, pero también pueden aplicarse a vigas de forma redondas o irregulares, tales como: postes redondeados, vigas I u otras secciones especiales.

**Resumen del ensayo:**

La pieza estructural, usualmente una viga recta y de sección rectangular, está sujeta a un momento flexionante cuando el elemento se le aplican cargas transversales simétricamente impuestas entre las reacciones. La viga es deflexionada a un valor y se hacen observaciones coordinadas de cargas y deflexiones hasta que ocurre la ruptura.

Para visualizar el método se muestra la siguiente figura:



**Cálculos:**

- Módulo de ruptura:

El módulo de ruptura se calcula con la ecuación siguiente:

$$M.R. = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

M.R. = Módulo de ruptura en kg/cm<sup>2</sup>

P = Carga máxima en Kg.

a = Distancia desde la reacción al punto de carga más próxima en cm.

b = Ancho de la viga en cm.

h = Profundidad o peralte de la viga en cms.

- Módulo de elasticidad:



El módulo de elasticidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{P' * a[(3L^2) - (4a^2)]}{a * b * h^3 * A}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>  
P' = Cualquier carga dentro del intervalo proporcional en kg  
a = Distancia desde la reacción al punto de carga más próximo en cm  
b = Ancho de la viga en cm

h = Profundidad o peralte de la viga en cm  
L = Luz o distancia entre reacciones en cm  
A = Deflexión en cm, provocada por la carga P'.

- Esfuerzo de corte:

El esfuerzo de corte se calcula con la siguiente ecuación:

$$E.C. = \frac{3P}{4(bh)}$$

Donde:

E.C. = Esfuerzo de corte en kg/cm<sup>2</sup>  
P = Carga máxima en kg  
b = Ancho de la viga en cm

h = Profundidad o peralte de la viga en cm.

- Porcentaje de humedad

El contenido de humedad se calcula con la siguiente ecuación:

$$C.H. = \frac{(Po - Pf) * 100}{Pf}$$

Donde:

C.H. = Contenido de humedad en porcentaje.  
Po = Peso inicial de la muestra en gramos.  
Pf = Peso final de la muestra en gramos.

### **EJEMPLO:**

Calcule las propiedades mecánicas y el contenido de humedad para los siguientes datos obtenidos de un ensayo de flexión a una viga de madera.

P = 500 kg  
a = 60 cm  
b = 4 cm  
h = 8 cm  
P' = 350 kg

L = 1.80 m  
A = 10.6 cm  
Po = 0.060 kg  
Pf = 0.040 kg

$$M.R. = \frac{3Pa}{bh^2} = \frac{3(500)(60)}{4 * 8^2} = 351 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \frac{P' * a[(3L^2) - (4a^2)]}{a * b * h^3 * A} = \frac{350 * 60[(3(180)^2) - (4(60)^2)]}{60 * 4 * 8^3 * 10.6} = 1334.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$E.C. = \frac{3P}{4(bh)} = \frac{3 * 500}{4(4 * 60)} = 1.56 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C.H. = \frac{(Po - Pf) * 100}{Pf} = \frac{(0.060 - 0.040) * 100}{0.040} = 50\%$$

### 3. Reportar:

Datos los siguientes datos tomados en un ensayo a flexión de una viga de madera, realizar los siguiente:

- Calcular sus propiedades mecánicas y contenido de humedad.
- Realizar la gráfica de carga – deflexión.

<b>DATOS</b>		
<b>Lectura</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Deflexión (cm)</b>
1	0	0
2	50	9.3
3	100	9.5
4	150	9.8
5	200	10
6	250	10.2
7	300	10.4
8	350	10.6
9	400	10.9
10	450	11
11	500	11.5
12	550	11.9
13	600	12.2
14	650	12.9
15	700	13.3
16	750	13.8
17	800	14.2
18	850	14.5
19	900	14.8
20	915	15

L = 2.2 m

h = 0.10m

b = 0.05m

Po = 0.080 kg

Pf = 0.045 kg

## PRÁCTICA No. 4: MAMPUESTOS

### 1. Objetivos:

- 1.1 Reconocer los ensayos realizados a los mampuestos.
- 1.2 Realizar los cálculos para conocer la resistencia de los mampuestos.
- 1.3 Comparar el valor teórico de resistencia con el valor real de la resistencia para comprobar si cumplen o no con las especificaciones técnicas.

### 2. Marco Teórico:

#### 2.1. ENSAYO A COMPRESIÓN A LADRILLOS DE BARRO COCIDO

Este ensayo está diseñado para realizarse sobre mampuestos fabricados con barro o arcilla, mezclado con otros materiales, o solamente el barro moldeado o extruido en forma rectangular, cocido por medio de un horno.

#### - Procedimiento:

1. Medir la longitud de las dos caras mayores y de las dos caras laterales en los puntos medios de cada arista anotando los cuatro valores de lecturas aproximadas al milímetro más cercano. El promedio de estos valores, aproximarlos a una cifra decimal, para tener un solo dato.
2. Medir el ancho de los extremos y de las dos caras mayores del ladrillo, en el punto medio de cada arista, repetir el proceso del promedio.
3. Medir la altura de las aristas de las caras laterales y los extremos, anotando los valores de las lecturas aproximadas al milímetro más cercano, repetir el proceso del promedio.
4. Tomar la masa natural de cada ladrillo.
5. Nivelar con yeso o azufre las dos superficies del ladrillo, que soportarán la carga distribuida de compresión.
6. Colocar el ladrillo nivelado, buscando el centroide del sistema de la máquina, donde se le aplicará la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, a una velocidad conveniente; aplicando la carga restante a una velocidad uniforme pero no menos de 1 minuto y sin exceder 2 minutos hasta la carga máxima a compresión.
7. Sumergir una fracción del ladrillo en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua, eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda.
8. Secar la fracción del ladrillo a 230 +/- 9°F (110 +/- 5°C) durante 24 horas, enfriar la muestra a 32°C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca.

#### - Cálculos:

Longitud (Lp): Promedio de longitudes en cm

Ancho (Ap): Promedio de los anchos en cm

Altura (Hp): Promedio de las alturas en cm

### **Área bruta paralela (Abp)**

$$Abp = Lp * Ap$$

### **Esfuerzo de compresión ( $\sigma_{com}$ )**

$$\sigma_{com} = \left( \frac{P_{com}}{A_{pb}} \right)$$

Donde:

$\sigma_{com}$  = Esfuerzo de compresión en MPa

$P_{com}$  = Carga a compresión en kg

$A_{pb}$  = Área bruta paralela en  $cm^2$

### **Esfuerzo de compresión (%ABS)**

$$\%ABS = \left( \frac{mh - ms}{ms} \right) * 100$$

Donde:

%ABS = Porcentaje de absorción en %

mh = Masa húmeda en kg

ms = Masa seca en kg

## **2.2. ENSAYO A COMPRESIÓN PARA BLOQUES HUECOS DE CONCRETO**

La cantidad de bloques dependen de la producción: si el lote es de 10,000 unidades o menos, se tomarán 10 bloques; cuando el lote sea entre 10,001 a 10,000 unidades, se tomarán 20 bloques, para más de 10, unidades, se toman 10 bloques por cada 50,000 unidades.

#### **- Procedimiento:**

1. Identificar cada bloque con una letra o número correlativo, con crayón.

2. Medir la longitud de cada una de las dos caras, tomando las medidas al centro, con aproximación de 1mm.
3. Medir la altura de cada una de las dos caras, tomando las medidas al centro desde el fondo hasta la parte superior del bloque, con aproximación de 1mm.
4. Medir el ancho, que es la distancia exterior entre las dos caras del bloque a la mitad del largo o a la mitad del alto. Tomando las medidas al centro, con aproximación de 1mm.
5. Tomar la masa natural de cada bloque.
6. Si las superficies del bloque se encuentran desniveladas, nivelar con yeso o azufre las dos superficies del bloque, que soportarán la compresión, esperar como mínimo 2 horas hasta que se enfríe el azufre, antes de realizar el ensayo.
7. Colocar el bloque nivelado en el centro del sistema de la máquina, donde se le aplicará la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, a una velocidad conveniente; aplicando la carga restante a una velocidad uniforme no menos de 1 minuto y sin exceder 2 minutos hasta la carga máxima de compresión.
8. Sumergir una fracción del ladrillo en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua, eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda.
9. Secar la fracción del ladrillo a 230 +/- 9°F (110 +/- 5°C) durante 24 horas, enfriar la muestra a 32°C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca.

- **Cálculos**

Para los bloques de concreto, se realizan los mismos cálculos que para los ladrillos de barro cocido.

### **2.3. ADOQUÍN**

Los adoquines son elementos macizos de concreto, prefabricados con forma de prisma recto, cuyas bases son polígonos que permiten conformar una superficie completa.

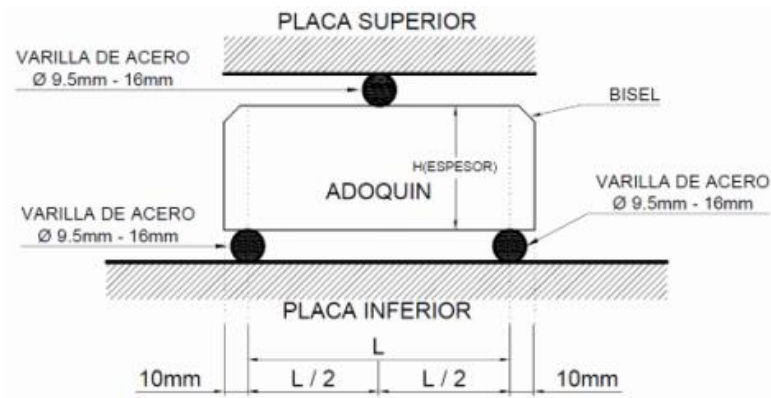
Los adoquines son sometidos a dos tipos de carga, que dependen del tipo de vehículos que transiten sobre él, como es la carga a flexión al transitar motocicletas y la de compresión al transitar camiones o automóviles.

- **Procedimiento:**

El adoquín se debe colocar en la máquina de ensayo con la superficie de desgaste hacia arriba. Como apoyos y elemento de transmisión de carga se deben utilizar tres barras lisas de acero del mismo diámetro, el cual debe estar comprendido entre 9.5 mm y 16.00 mm y con una longitud igual o mayor que el ancho respectivo del adoquín en el eje de contacto.

Las barras de apoyo se deben colocar paralelas entre sí, perpendiculares al eje mayor del rectángulo inscrito y con la proyección vertical de su eje (punto de apoyo) 10 mm hacia adentro de los lados menores del rectángulo inscrito.

La barra para la transmisión de carga se debe colocar en la superficie del desgaste sobre la proyección del eje menor del rectángulo inscrito, como lo indica la figura. El adoquín se debe someter a una carga con una velocidad que produzca un aumento en el esfuerzo cercano a 0.5 MPa por segundo.



**Cálculos:**

- **Esfuerzo a flexión ( $\sigma_{flex}$ )**

$$\sigma_{flex} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

$\sigma_{flex}$  = Esfuerzo a flexión en kg/cm<sup>2</sup>

P = Carga máxima aplicada, en N

L = Distancia entre los ejes de los apoyos, expresado en cm

b = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito en cm

h = Altura del adoquín en cm

- **Esfuerzo a compresión ( $\sigma_{comp}$ )**

$$\sigma_{comp} = e^{[3.89486+0.03417(\sigma_{flex})]}$$

### **EJEMPLO:**

Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión para un bloque de concreto clase C (35 kg/cm<sup>2</sup>), calcular el esfuerzo a compresión que resiste el bloque y el % de absorción.

<b><u>DATOS</u></b>								
<b>Longitud (cm)</b>		<b>Altura (cm)</b>		<b>Ancho (cm)</b>		<b>Carga (kg)</b>	<b>Masa húmeda (kg)</b>	<b>Masa seca (kg)</b>
39	38.9	19.1	18.9	13.8	13.9	26,000	9.75	8

- **Para el esfuerzo de compresión**

$$Lp = \frac{39 + 38.9}{2} = 38.95 \text{ cm}$$

$$Hp = \frac{19.1 + 18.9}{2} = 19 \text{ cm}$$

$$Ap = \frac{13.8 + 13.9}{2} = 13.85 \text{ cm}$$

$$Abp = Lp * Ap = 38.95 * 19 = 740.05 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{com} = \left( \frac{26,000}{740.05} \right) = 35.13 \text{ kg/cm}^2$$

- **Para el porcentaje de absorción:**

$$\%ABS = \left( \frac{9.75 - 8}{8} \right) * 100 = 21.88\% \text{ de absorción}$$

### **3. Reportar**

- Tipos de bloques de concreto que existen y la resistencia que tienen
- Usos de ladrillo tubular y ladrillo tayuyo.
- Clasificación de los adoquines y sus usos



## BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 36011. *Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Especificaciones*. Norma Técnica Guatemalteca, 2013. 17p.
2. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 41017 h1. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. Norma Técnica Guatemalteca, 2017. 23p.
3. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, *Determinación de los esfuerzos de diseño de vigas laminadas de pino caribe (Pinus caribaea var. Hondurensis) Encoladas con adhesivo de isocianato (MDI)*. 1984. 30p.

## HOJA DE TRABAJO NO. 1

Con los siguientes datos obtenidos de un ensayo, realizar la gráfica de esfuerzo – deformación.

Longitud total (mm) = 403  
 Longitud calibrada (mm) = 203

Ancho (mm) = 25.40  
 Espesor = 6.40  
 Longitud calibrada final

(mm) = 254  
 Ancho final (mm) = 18  
 Espesor final (mm) = 3.50

Fuerza - Alargamiento					
$\Delta l$ (mm)	F(N)				
0	827.3	6.549	34720.2	28.771	50073
0.072	3503.7	6.728	34987.8	30.596	50559.6
0.215	4111.9	6.978	35571.8	32.064	51070.6
0.286	8102.2	7.157	35912.4	35.463	52068.1
0.429	8613.1	7.372	35304.1	36.322	52287.1
0.501	13406.3	7.586	35571.8	37.575	52433.1
0.644	14038.9	7.801	34817.5	38.899	52773.7
0.716	18223.8	8.016	35644.8	41.475	53357.7
0.823	18929.4	8.231	34987.8	44.302	53820
0.966	23357.7	8.481	34525.5	47.487	54087.6
1.074	24014.6	8.696	35206.8	49.777	54379.6
1.181	28880.8	8.946	35912.4	54	54695.9
1.288	29537.7	9.34	35206.8	56.791	54914.8
1.314	32895.4	9.877	35498.8	59.404	55012.2
1.539	33284.7	10.163	35231.1	71.785	55012.2
1.789	34014.6	10.342	35863.7	74.541	54866.2
2.111	33674	10.521	36545	76.08	54598.5
2.183	33674	10.879	34452.6	77.01	54306.6
2.469	33406.3	11.058	37177.6	77.654	53965.9
2.684	33601	11.344	37834.5	78.37	53576.6
2.934	33990.3	11.845	38442.8	78.585	53187.3
3.221	33260.3	12.561	39002.4	78.763	52846.7
3.543	34501.2	13.205	40000	79.086	52554.7
3.829	35060.8	14.314	40778.6	79.3	52019.5
4.044	35644.8	15.316	41970.8	79.694	51216.5
4.08	34282.2	15.996	42530.4	79.98	50608.3
4.223	33795.6	17.034	43236	80.338	50732.4
4.581	34330.9	19.217	44744.5	80.839	48369.8
4.903	33917.3	19.682	45644.8	81.09	47177.6
5.225	34111.9	21.042	46204.4	81.483	46034.1
5.475	33479.3	22.258	46788.3	81.698	45012.2
5.905	33965.9	23.26	47372.3	81.877	43941.6
6.78	34379.6	24.799	48223.8	81.984	42968.4
		25.801	48759.1	82.342	40754.3
		27.125	49440.4		
		27.984	49586.4		

## HOJA DE TRABAJO NO. 2

Con los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión de una muestra cilíndrica de concreto a los 28 días, con un 100% de humedad y con una resistencia deseada de 5,000 psi, compruebe:

- a) Si la resistencia alcanzada es la deseada
- b) La carga máxima de compresión en Kgf, si se hace un ensayo a los 14 días y se obtuvo una resistencia de 3,500 psi

Si:

$P_{\text{máx}} = 141,371.67 \text{ lb}$

$D = 6 \text{ pulgadas}$

$h = 12 \text{ pulgadas}$

### HOJA DE TRABAJO NO. 3

Datos los siguientes datos tomados en un ensayo a flexión de una viga de madera, realizar los siguiente:

- Calcular sus propiedades mecánicas y contenido de humedad.
- Realizar la gráfica de carga – deflexión.

<b>DATOS</b>		
<b>Lectura</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Deflexión (cm)</b>
1	0	0
2	50	9.3
3	100	9.5
4	150	9.8
5	200	10
6	250	10.2
7	300	10.4
8	350	10.6
9	400	10.9
10	450	11
11	475	11.5

L = 2.134 m

h = 0.09m

b = 0.039m

Po = 0.050 kg

Pf = 0.035 kg

#### HOJA DE TRABAJO NO. 4

1. Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión para un ladrillo tayuyo que tiene una resistencia a compresión de  $91 \text{ kg/cm}^2$  de barro cocido, calcular el esfuerzo a compresión que resisten y el % de absorción. Indicar si el ladrillo ensayado, cumple con la resistencia deseada

<b><u>DATOS</u></b>								
<b>Longitud (cm)</b>		<b>Altura (cm)</b>		<b>Ancho (cm)</b>		<b>Carga (kg)</b>	<b>Masa húmeda (kg)</b>	<b>Masa seca (kg)</b>
28.9	28.8	8.9	9.1	14.1	14.2	40,000	4.09	3.85
23.1	22.9	6.4	6.5	11.1	11	20,000	3.05	3

2. Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión para un bloque de concreto clase A ( $70 \text{ kg/cm}^2$ ), calcular el esfuerzo a compresión que resiste el bloque y el % de absorción.

<b><u>DATOS</u></b>								
<b>Longitud (cm)</b>		<b>Altura (cm)</b>		<b>Ancho (cm)</b>		<b>Carga (kg)</b>	<b>Masa húmeda (kg)</b>	<b>Masa seca (kg)</b>
39.1	38.9	19	18.9	13.9	14	40,000	9.60	8.2

3. Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a flexión para un adoquín con una resistencia a compresión de  $55 \text{ kg/cm}^2$ , calcular el esfuerzo a compresión que resiste el adoquín y el esfuerzo a flexión.

<b><u>DATOS</u></b>			
<b>Carga (kg)</b>	<b>L (cm)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>h (cm)</b>
1,200	22.3	16.1	10.1