



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 7

| <b>NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>   | <b>Práctica No.</b> |
|--|---------------------|
| <b>FLEXIÓN FALLA POR CORTANTE CON ESTRIBOS VERTICALES E INCLINADOS</b> | <b>1</b>            |

|                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Fecha de la practica              |                            |
| Laboratorio ó Área de la practica | Laboratorio de Estructuras |
| Espacio académico                 | Mecánica de materiales     |
| Facultad o Unidad                 | Ingeniería civil           |
| Nombre del docente o instructor   |                            |

|        |                               |                                       |
|--------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Grupo: | Número total de estudiantes : | Número de subgrupos para la práctica: |
|--------|-------------------------------|---------------------------------------|

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Hora de inicio: | Hora de salida: |
|-----------------|-----------------|

|                      |           |  |         |  |                    |   |          |  |
|----------------------|-----------|--|---------|--|--------------------|---|----------|--|
| Espacio de Carácter: | Académico |  | Teórico |  | Teórico - práctico | X | Práctico |  |
|----------------------|-----------|--|---------|--|--------------------|---|----------|--|

|                                   |            |   |         |  |           |  |
|-----------------------------------|------------|---|---------|--|-----------|--|
| Metodología del espacio académico | Presencial | X | Virtual |  | Distancia |  |
|-----------------------------------|------------|---|---------|--|-----------|--|

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

| <b>Reactivo</b> | <b>Concentración</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|-----------------|----------------------|---------------|-----------------|
| N/A             |                      |               |                 |
|                 |                      |               |                 |
|                 |                      |               |                 |
|                 |                      |               |                 |
|                 |                      |               |                 |

| <b>Materiales y Consumibles</b>                | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|--|---------------|-----------------|
| Probetas realizadas en concreto en práctica 1. | Und           | 16              |
| Papel aluminio                                 | Und           | 1               |
|  |               |                 |
|  |               |                 |
|  |               |                 |
|  |               |                 |
|  |               |                 |



| Equipos y Accesorios                                   | unidad | Cantidad |
|--|--------|----------|
| Maquina compresión de cilindros y viguetas             | Unidad | 1        |
| Elemento superior de aplicación de carga en dos puntos | Unidad | 1        |
| LDVT   | Unidad | 1        |
| Calibrador pie de rey                                  | Unidad | 1        |
|  |        |          |
|  |        |          |
|  |        |          |
|  |        |          |
|  |        |          |

**MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES**

| Elementos | Unidad | Cantidad         |
|-----------|--------|------------------|
| Bata      | Unidad | 1 por estudiante |
|           |        |                  |
|           |        |                  |
|           |        |                  |
|           |        |                  |

**MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS**

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

| Elementos                 | señalar si el estudiante lo requiere |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Guantes de carnaza        | X                                    |
| Tapabocas desechable      | X                                    |
| Protector auditivo        |                                      |
| Casco de seguridad        |                                      |
| Otros: Gafas de seguridad | X                                    |

**OBJETIVOS**

**General:**

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla) y vigas en acero (en el rango elástico).



**Específicos:**

- Analizar el comportamiento a flexión en vigas de acero en el rango elástico.
- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).
- Demostración de flexión en vigas en el rango elástico.

**METODOLOGÍA**

**ENSAYO DE UNA VIGA RECTANGULAR PARA FALLA POR CORTANTE CON ESTRIBOS VERTICALES E INCLINADOS**

**PROCEDIMIENTO**

A partir del diseño de mezclas idealizado para obtener una resistencia máxima a la compresión a los 28 días ( $f'c$ ) con el propósito de analizar el comportamiento que tiene una vigueta estándar en relación con la resistencia al esfuerzo cortante, es necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. A partir de las dimensiones establecidas para la viga a ensayar (10x15x60), se diseñan y fabrican 3 formaletas, teniendo en cuenta que debe satisfacerse la anterior condición, lubricando con aceite las paredes internas de la formaleta para evitar su adherencia con el concreto.
2. Construir el armazón de la viga a partir de los resultados obtenidos en el cálculo de acero de refuerzo longitudinal y transversal.
3. Para la colocación y disposición de la armadura se recomienda la siguiente metodología de tal manera que se garantice un recubrimiento de 2 cm.
  - a. se colocan 2 soportes transversales apoyados en la parte superior de la formaleta.
  - b. se sujetan a cada uno de dichos soportes dos alambres cortos en forma de gancho, en cuyos extremos inferiores se amarran las varillas dispuestas longitudinalmente para resistir la flexión.
4. Fabricar el concreto bajo las especificaciones de diseño con los cuidados y precauciones pertinentes en dicho proceso.



5. Depositar el hormigón en las formaletas para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

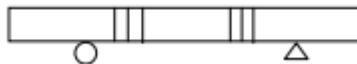
- a. extender con cuidado la primera capa de concreto, con la precaución de no alterar la ubicación del acero de refuerzo, garantizándole así el recubrimiento mínimo.
  - b. compactar el concreto con ayuda de una varilla como la usada en el ensayo de determinación de  $f'c$ .
  - c. Repetir el procedimiento anterior literal a extender las siguientes dos capas.
6. Se enraza y pule las superficies con el uso del palustre teniendo el cuidado de sacar el excedente de agua presente en la superficie y de allanar las imperfecciones e irregularidades que ésta presente.
7. Se cubre la superficie de la formaleta rellena con material impermeable (plástico o en su defecto papel aluminio) para evitar la deshidratación.
8. Se desencofra a las 24 horas y se somete a curado para lo cual se sumerge en agua durante 28 días.
9. Para el día del ensayo se deben llevar a cabo los siguientes pasos:
- a. secar correctamente las probetas hora antes de la prueba
  - b. se verifican las dimensiones de la probeta de tal manera que correspondan con las de una vigueta estándar.
  - c. se realiza el montaje de las viguetas en la máquina adaptada para este ensayo.
10. se somete a carga progresiva hasta la falla, registrando dicho dato y verificando el tipo de falla.
11. Se caracteriza la grieta en la vigueta fallada, corroborándose la inclinación de ésta.
12. Luego del ensayo se verifican las distancias a partir del extremo más cercano a la grieta, tanto en la parte superior como en la inferior, así también como la carga para la cual falla la vigueta.

#### CALCULOS

Diseño a flexión y cortante de una viga rectangular con estribos verticales ( $\alpha = 90^\circ$ )

Para el diseño de las probetas se determina la siguiente manera. Se calcula la separación de los estribos.

$$S = 15/2$$



Cortante en los estribos.

En los estribos se va a utilizar una varilla de 4 mm de diámetro que equivale un área de:

$$A_{estribos} = \pi \frac{(0.4^2)}{4} = 0.125 \text{ cm}^2$$

El área de la sección de la armadura que trabaja a cortante, en dos ramales.

$$A_v = 2 (0,125) = 0,25 \text{ cm}^2$$

$V_s$  = La fuerza cortante que resiste la armadura transversal.



$V_c$  = La fuerza cortante que resiste el concreto.

El cortante crítico para el cual se realiza el diseño es:

$$V_r = V_s + V_c =$$

En el diagrama de cortante, el cortante máximo es

$$V_r = P/2 \quad V_r = V_u$$

$$P = 2V =$$

Del diagrama de Momento.

$$M_u = M_n = PL/6 =$$

Cuantía de diseño

$$M =$$

$$K = \frac{M_u}{b \times d^2} =$$

$$\rho =$$

$$\rho_{min} = 0.8 \times \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} = 0.005$$

Con un  $\alpha = 0.7225$  para  $f'_c$  (28 días)  $\leq 280 \text{ Kg/cm}^2$

$$\rho_b = \alpha \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y} = 0.7225 \times \frac{140}{2800} \times \frac{6000}{6000 + 2800} = 0.02463$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,75 \rho_b =$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{m\acute{a}x}. < \rho_b, \text{ falla dúctil.}$$

Calculo del área de acero

$$A_s =$$

$$\rho_d = 0.0082053$$

$$M =$$

$$P$$

Se colocarán estribos desde el apoyo separado cm de lado y lado, hasta donde requiere refuerzo por cortante.

#### DISEÑO A FLEXIÓN Y CORTANTE DE UNA VIGA RECTANGULAR CON ESTRIBOS INCLINADOS

$$\alpha = 45$$

Para el diseño de las probetas se determina de la siguiente manera.

Se calcula la separación de los estribos.

$$S = 13/2$$



Cortante en los estribos.

En los estribos se va a utilizar una varilla de 4 mm de diámetro que equivale un área de:

$A_{\text{Estribos}}$  = El área de la sección de la armadura que trabaja a cortante, en dos ramales.

$$A_v = 2 (0,125) = 0,25 \text{ cm}^2$$

$V_s$  = La fuerza cortante que resiste la armadura transversal.

$V_c$  = La fuerza cortante que resiste el concreto.

El cortante crítico para el cual se realiza el diseño es:

$$V_r = V_s + V_c =$$

En el diagrama de cortante, el cortante máximo es

$$V_r = P/2 \quad V_r = V_u$$

$$P = 2V =$$

El diagrama de Momento.

$$M_u = M_n = PL/6 =$$

Cuantía de diseño

$$m =$$

$$K = \frac{M_u}{b \times d^2} =$$

$$\rho =$$

Con un  $\alpha = 0.7225$  para  $f'c$  (28 días)  $\leq 280 \text{ Kg/cm}^2$

$$\rho_b = \alpha \times \frac{f'c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y} = 0.7225 \times \frac{140}{2800} \times \frac{6000}{6000 + 2800} = 0.02463$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b =$$

$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{máx.}} < \rho_b$ , falla dúctil.

Calculo del área de acero  $A_s$

$$P_d = 0.01169$$

M

P

-Carga necesaria para que falle por flexión.

P = Carga necesaria para que falle por cortante.



Se colocarán 3 estribos desde el apoyo separado 6.5 cm de lado y lado, hasta donde requiere refuerzo por cortante.

#### **Longitud de desarrollo con gancho estándar**

Para acero de refuerzo a tensión.

Para # 3 Ldh= (FÓRMULA)

En este caso se toma.

Longitud del gancho =  $12 * db = \text{cm}$ , en este ensayo se toma 8 cm.

### REPORTE DE RESULTADOS

#### **1. Descripción del ensayo realizado:**

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- Describa brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

#### **2. Ensayo Estándar**

Describa brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

#### **3. Análisis de resultados:**

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero. Conluya.

#### **4. Conclusiones**

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).





| <b>Equipos y Accesorios</b>                             | <b>unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|---|---------------|-----------------|
| Maquina universal de ensayos                            | Unidad        | 1               |
| Elemento superior de aplicación de carga en dos puntos. | Unidad        | 2               |
| LDVT  | Unidad        | 1               |
| Calibrador pie de rey                                   | Unidad        | 1               |
| Mazo de goma  |               |                 |
| Varilla punta redonda                                   |               |                 |
| Moldes de vigas   |               |                 |
| Máquina de compresión de Cilindros y Viguetas           |               |                 |
| Pala  |               |                 |
| Palustre  |               |                 |

| <b>MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES</b> |               |                  |
|---|---------------|------------------|
| <b>Elementos</b>                              | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>  |
| Bata  | Unidad        | 1 por estudiante |
|   |               |                  |
|   |               |                  |
|   |               |                  |
|   |               |                  |

| <b>MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS</b>  |   |
|--|---|
| <p><b>Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.</b></p> |   |
| <b>Elementos</b>   | <b>señalar si el estudiante lo requiere</b> |
| Guantes de carnaza   | X   |
| Tapabocas desechable   | X   |
| Protector auditivo   |   |
| Casco de seguridad   |   |
| Otros: Gafas de seguridad  | X   |

**OBJETIVOS**

**General:**

**Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla) y vigas en acero (en el rango elástico).**



**Específicos:**

- Analizar el comportamiento a flexión en vigas de acero en el rango elástico.
- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).
- Demostración de flexión en vigas en el rango elástico.

**METODOLOGÍA**

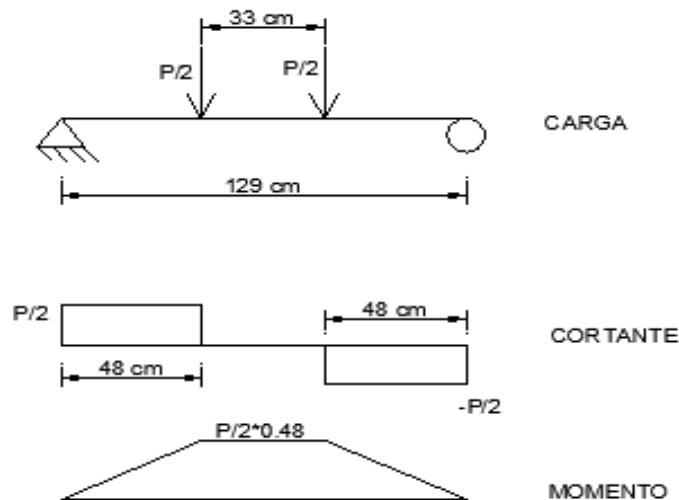
**PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA**

1. De cada una de las vigas de se debe consignar la siguiente información:
  - a. Esquema y medidas de la sección transversal.
  - b. Medida entre apoyos
  - c. Medida entre cargas
  - d. Peso de la viga.
2. VIGAS DE CONCRETO  
Realizar ensayo de carga hasta la falla de la viga utilizando una viga simple con carga en los tercios medios siguiendo la NTC 2871. Adicional, se debe medir hasta la aparición de la primera fisura a tracción en la viga la carga y la deformación vertical (Dial de deformación o LDVT), como se muestra en la figura.



### VIGA DE ACERO

Con una luz de 1.29 m y una distancia entre cargas de 0.33 m, cargar la viga con dos cargas en el tercio medio midiendo carga (con celda) vs desplazamiento vertical (LDVT o dial de deformaciones) del centro de la viga, hasta una deflexión en el centro de la luz de 0.5 cm.



### FLEXIÓN SIMPLE

#### CONSTRUCCIÓN DE LA VIGA DE PRUEBA:

se debe utilizar las formaleas de acero dispuestas en el laboratorio. la capa interior del molde se le aplica una capa de aceite aislante, se prepara la mezcla de concreto a mano, luego se llenan los respectivos moldes con palustres a tres capas, compactados con la varilla 5/8 punta redonda, dejando a ras con el palustre. Se procede a cubrir con papel aluminio, para el respectivo curado, permitiendo que los granos del cemento se hidraten por completo.

Cuando se desmolda, se revisa posibles fracturas y se lleva la viga a la piscina de curado durante 28 días, pasado este tiempo se saca, lava y seca, para el respectivo ensayo.

#### ENSAYO DE LA MUESTRA:

se centra el sistema de reacción, de tal forma que el momento máximo se genere en el tercio central de la viga, donde el cortante es cero. En la maquina es introducido el espécimen.

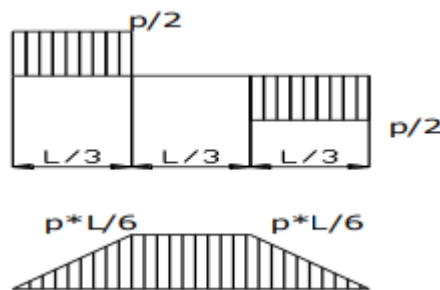


La carga debe aplicarse rápidamente hasta alcanzar un 50% del valor máximo calculado de la misma, posteriormente se sigue un incremento de la carga, de manera que genere un incremento de esfuerzo de 860kpa/min hasta 1200kpa/min en las fibras centrales más alejadas:

#### RESULTADOS:

Una vez aplicada la carga a las tres muestras podemos observar lo satisfactorio del proceso, obteniendo óptimos resultados en los tercios medios de cada espécimen donde el momento es máximo, mostrando el tipo de falla, y el lugar más frágil del elemento por donde colapso.

Estimación del valor del módulo de rotura de la viga con la ecuación:



$\sigma = \frac{M*y}{I}$  Para la fibra más alejada del centro en la zona de tensión se tiene:

$$M = \frac{p}{2} * \frac{L}{3}, \quad c = y = \frac{d}{2}, \quad I = \frac{b*d^3}{12} \quad \text{Entonces } S=I/c=?$$

Reemplazando:

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{p*L/6l}{6b*h^2/l} = ? \quad \text{Este es el valor de la resistencia a Tensión por flexión}$$

Para tener una idea de la magnitud de la carga P de falla durante el ensayo, se iguala este valor con la resistencia a tensión de las NSR-10 (Usar la ecuación en MPa)

$$M_r = ? * \sqrt{f_c} = \frac{P * L}{b * d^2} \implies P =$$

Este es valor aproximado al cual debe fallar la viga, con las consideraciones de unidades pertinentes. Para este caso,  $f_c$  en  $\text{kg/cm}^2$ .

#### COMPORTAMIENTO DE UNA VIGA DOBLEMENTE REFORZADA SOMETIDA A CARGA HASTA LA FALLA

Se realiza el diseño de mezclas para una viga que va a trabajar con una resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) de 140  $\text{kgf/cm}^2$ . Con los cálculos correspondientes al pre diseño y las dimensiones de las formaletas se realiza el armado del refuerzo, tanto transversal como longitudinal. Se funden las vigas a fallar, estas deben vibrarse, para evitar la incorporación de aire.

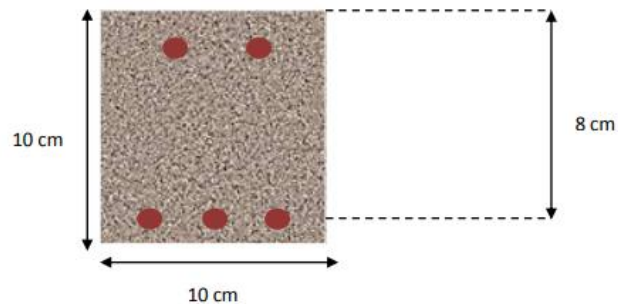
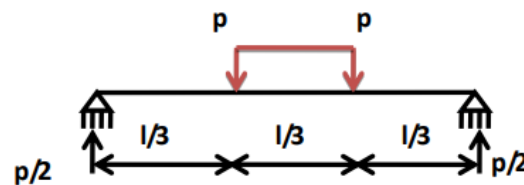
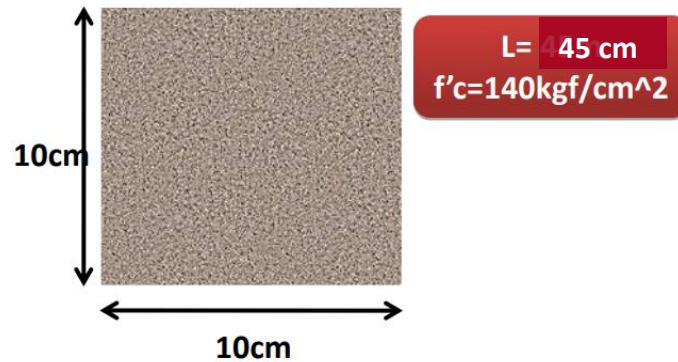
A las 24 horas se desencofra las vigas y se lleva a la piscina de curado. Antes de la prueba de las vigas estas deben sacarse de la piscina 24 horas antes del ensayo.



ENSAYO:

La viga se ubica en la máquina de compresión, se ajusta y se aplica carga hasta conseguir la falla.

CALCULOS



- Suponga una cuantía mayor a la balanceada.
- escoja el área de acero equivalente.
- Halle el momento resistente. Calcule el acero a la compresión
- iguale el momento flector  $PL/6$ , halle la carga esperada de falla.
- escoja una carga un poco mayor a la obtenida en el paso anterior y calcule la fuerza cortante correspondiente en el diagrama de cortante.
- Diseñe los estribos para que la viga no falle por fuerza cortante.
- Haga las verificaciones finales y obtenga los planos de diseño con los que se elaborarán las probetas.

REVISIÓN

Acero a tensión



Acero a compresión

$$\rho_{neta} < \rho_b \rightarrow f_s = f_y$$

$$\rho_{mín} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 - f_y} \times \frac{d'}{d} = \frac{0.85 \times 14 \text{ Mpa}}{280 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 - 280} \times \frac{2}{8} = 0.01992$$

$$\rho_{máx} > \rho_{neta} > \rho_{mín} \rightarrow 0.018 > 0.01782 > 0.01992$$

Decidir si el ensayo fluye

C=T

$$\Phi 0.85 f'c (b a - A's) + \Phi A's f's = \Phi A_s f_y$$

$$0.85 f'c (b a - A's) + A's 600 \frac{(c - d')}{c} = A_s f_y$$

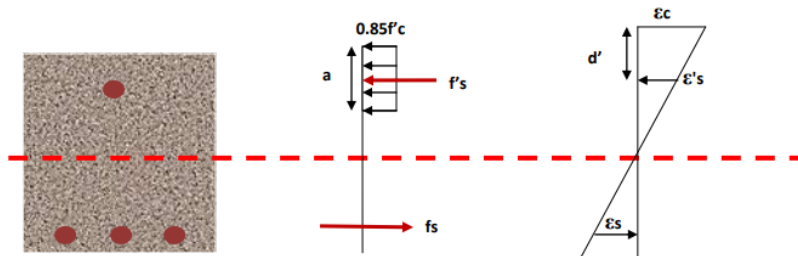
$\alpha = \beta 1c$  Hallar c y a

F'c

Momento resistente

$$\Phi \times 0.85 f'c \times b \times a \left( d - \frac{a}{2} \right) - \Phi A's 0.85 \times f'c (d - d') + \Phi A's f's (d - d')$$

$$M = PL/6$$



### ENSAYO PARA FALLA POR CORTANTE EN VIGUETA ESTÁNDAR DE CONCRETO REFORZADO A FLEXION SIMPLE

Análisis del comportamiento de una vigueta estándar con relación a la resistencia al refuerzo cortante,  
Procedimiento:

- Construya tres viguetas de 15x15x50 cm.
- Coloque acero de refuerzo que garantice un recubrimiento de 2 cm, para esta actividad se puede usar soportes transversales que se apoyen en la parte superior de la formaleta, siempre que la cuantía este en medio de la mínima y la máxima o con alambres cortos en forma de gancho.
- Vacíe la mezcla en los moldes, observe que la posición de las varillas no se altere. Compacte con la varilla de compactación. Tenga en cuenta que la mezcla se vierte en tres capas.
- Se enraza y pule las superficies de las viguetas con el uso del palustre teniendo el cuidado de sacar el excedente de agua presente en la superficie y de allanar las imperfecciones e irregularidades que ésta presente.



- Se cubre la superficie de la formaleta con plástico o papel aluminio. Luego se desencofra a las 24 horas y se somete a curado por 28 horas.
- Antes de la prueba se seca la vigueta y se mide sus dimensiones.
- Se somete a carga progresiva hasta la falla, registrando dicho dato y verificando el tipo de falla.
- Caracterización de la grieta.

Luego del ensayo se verifican las distancias a partir del extremo más cercano a la grieta, tanto la parte superior como en la parte inferior, así también como la carga para la cual falla la vigueta registrándose todo esto en el siguiente formato.

| ENSAYO # | CARGA (KN) | DISTANCIA DE LA FISURA AL EXTREMO MAS CERCANO |                     |
|----------|------------|---|---------------------|
|          |            | PARTE INFERIOR (cm)                           | Parte superior (cm) |
|          |            |   |                     |
|          |            |   |                     |
|          |            |   |                     |

#### CALCULOS

Para el diseño de las probetas a ensayar utilizamos n varillas de diámetro, para lo cual calculamos el área transversal de acero existente. Con este dato se puede calcular la cuantía ( $\rho$ ) utilizando un recubrimiento de 2 cm, el peralte efectivo d es igual a  $\rho = \frac{A_s}{bd}$

Para verificar que la cuantía se encuentre entre la cuantía mínima ( $\rho_{min}$ ) y la cuantía máxima ( $\rho_{Max}$ ), utilizando una resistencia máxima a la compresión a los 28 días ( $f'c$ ) supuesta la cual fue de n Kg/cm<sup>2</sup> y un punto de fluencia del acero de n Kg/cm<sup>2</sup> reemplazando en la ecuación de cuantía balanceada.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \frac{f'c}{f_y} \frac{6000}{6000 + f_y}$$

Con un  $\beta_1 = 0.85$ , debido a que la resistencia máxima a la compresión a los 28 días ( $f'c$ ) es menor que 280 Kg/cm<sup>2</sup> para lo cual tenemos:

A continuación se calcula la cuantía mínima ( $\rho_{min}$ ) y la cuantía máxima ( $\rho_{máx}$ ), las cuales están dadas por:

Con estos datos podemos deducir que la cuantía se encuentra entre la mínima y la máxima ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{máx}$ ). Como nos encontramos en una etapa de diseño se puede hacer la suposición de que el momento último ( $M_u$ ) que resiste la viga será igual al momento nominal ( $M_n$ ). De lo anterior tenemos que:

$$M_u = M_n = \rho \times f_y \times bd^2 \left( 1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$



Como el ensayo está diseñado para aplicar una carga que se divide en dos cargas puntuales de igual magnitud ( $P/2$ ), las cuales se aplican a una distancia de ( $L/3$ ) a partir de los apoyos, el momento máximo generado bajo estas condiciones es igual al momento último ( $M_u$ ) que resiste la viga, de lo cual:

$$M_u = \frac{Pl}{6}$$

De donde  $P$  es la carga aplicada que produce dicho momento y  $L$  es la distancia entre los apoyos la cual fue de 45 cm.

$$P = \frac{6M_u}{l}$$

Como se sabe, para las condiciones descritas anteriormente el máximo valor del cortante corresponde a la mitad de la carga  $P$ .

$$V_{máx} = \frac{p}{2}$$

La magnitud de la carga  $P$  corresponde al valor para el cual la vigueta fallaría por flexión. Es necesario conocer el valor de la fuerza cortante que resiste el concreto, el cual se encuentra con la siguiente fórmula:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd$$

Lo que corresponde a:

$$V_c = \frac{p}{2}$$

De donde

$$p = 2v_c$$

Como se puede observar el valor de la carga  $P$  necesaria para que la vigueta falle por flexión es mucho mayor que el necesario para que el concreto falle por cortante. Con lo anterior se garantiza que la vigueta falle primero por cortante que por flexión lo cual es el objetivo de este ensayo. Ahora los cálculos que se deben llevar a cabo luego de la obtención de los resultados del ensayo son las siguientes:

1. con el dato obtenido en el ensayo de compresión simple de  $f'_c$  a los 28 días se realizan los cálculos de:
  - cuantía balanceada:

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

Con  $f'_c$  y  $f_y$  en Kg / Cm<sup>2</sup> y  $\beta_1 = 0.85$  si  $f'_c \leq 280$

- Cuantía mínima:
- Cuantía máxima

$$\rho_{máx} = 0.75\rho_b$$

2. se obtiene el momento último teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$M_u = M_n = \rho \times f_y \times bd^2 \left( 1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$



3. calculo de la carga P necesaria para la falla por flexión:

$$p = \frac{6Mu}{L} \quad L=50 \text{ cm}$$

4. la fuerza cortante resistido por el concreto (aproximado) se debe calcular así:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd \quad f'c \rightarrow \text{kg/cm}^2$$

5. la carga necesaria producir dicha fuerza cortante Vc en el concreto es:

$$P_{m\acute{a}x} = 2V_c$$

### ENSAYO PARA FALLA POR APLASTAMIENTO DEL CONCRETO EN VIGUETAS

Teniendo el Fc y Fy las dimensiones de la viga, y las recomendaciones de la NSR-98, se determinan los diámetros de acero longitudinal para la viga estándar con cuantía mayor que la balanceada.

#### PROCEDIMIENTO

- Lo primero que se debe hacer es preparar los moldes, con una capa de aceite para que el concreto no se pegue.
- Se procede a realizar la mezcla, antes del vertimiento de la mezcla se colocan los aceros, el concreto se vierte en la probeta de tal forma que quede libre de vacíos, evitando la porosidad y la pérdida de resistencia.
- Se cubre con papel aluminio, al pasar 24 horas se desencofra y se introduce a la piscina por 28 días (curado).
- A los 14 días se somete la vigueta a la carga P encontrada con los parámetros de diseño, para comprobar si la falla ocurre por aplastamiento (deformación en el concreto 0,003).

#### CALCULOS

Según NSR-98 (sección c, 7.7,1)

$$r=2 \text{ cm}$$

$$d = 10 - r - d_{be} - \frac{1}{2}d_b \text{ (cm)}$$

$$s = \frac{10 - 2r - 2d_e - n_v d_b}{n_v - 1} >$$

Según NSR-98 (sección 76)

$$s \geq 2,5 \text{ cm}$$

$$s \geq 1,33 \text{ veces el tamaño máximo del agregado}$$

$$s \geq \text{Diámetro de la mayor barra } d_b$$

1. F'c= 14 Mpa

Fy=280 Mpa **en cuál refuerzo**

Fy= 420 Mpa **en cuál refuerzo**



2. Según NSR-10 (sección c, 10,2,2,1) **Revisar qué se quiere plantear aquí**

Para luces simples:

$$H/L > 4/5$$

$10/45 = 0,222$  y  $4/5 = 0,8$  (CUMPLE) "las deformaciones no son lineales"

Según NSR-10(sección c.10.4.1)

3. Para controlar la esbeltez y proporcionar rigidez a la viga.

$$h/2 \leq b \leq h \text{ (CUMPLE)}$$

4. Para la estabilidad lateral.

$$b \geq L/50$$

$$10 > 45/50 = 0,9 \text{ (CUMPLE)}$$

CÁLCULO DE LA CUANTIA BALANCEADA

$$\rho_b = 0,85 * \beta * f'_c / f_y * (600/600 + f_y)$$

Como la falla es por aplastamiento del concreto,  $\rho \geq \rho_b$ .

Se selecciona  $\rho_b > \rho =$

$$A_s = \rho * b * d$$

Se conoce d.

Se supone que el acero para cortante es #2.

$$d_{be} =$$

$$\text{si } r = 2 \text{ cm, } d_{be} = 0,635.$$

$d = 0,73$  cm. Se puede utilizar barras #2 para el acero longitudinal.

$$A_s = \text{cm}^2$$

Para suplir el  $A_s$  se necesitan varillas de \# o #.

$$S =$$

$$\rho =$$

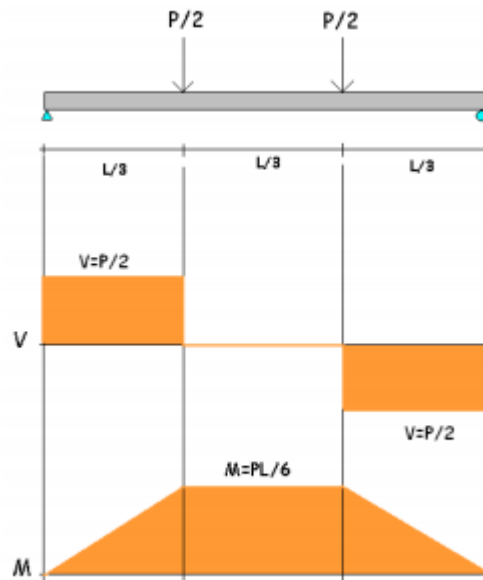
CÁLCULO DE c

Para un  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$   $b = 10$   $d = 7$   $E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

$$((0,85 * f'_c * \beta * b) c^2) / A_s + (E_s * \epsilon_{cu}) c - E_s * \epsilon_{cu} * d = 0$$

$$C = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-600 \pm \sqrt{(6000 \pm 4 \times 887,28 \times 42000)}}{2 \times 887,28} = \text{cm}$$

$$a = \text{cm}$$



$M_n = \text{kN.cm}$

$M_n = M_{act} =$

Se iguala  $a = PL/6$  para obtener la carga de falla esperada durante el ensayo

$P = \text{kN}$

NOTA: esto para  $f_c$  de 17,5 que es el máximo esperado.

### ENSAYO FALLA DUCTIL EN VIGUETAS

#### PROCEDIMIENTO

- Se diseña una viga de dimensiones (10x10x50).
- La mezcla debe tener una resistencia al concreto de  $f'_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Se calcula la cuantía mínima, balanceada y la máxima para así poder establecer el criterio del diseño del ensayo que corresponda, la cuantía del acero debe estar entre la mínima y máxima y por debajo de la cuantía balanceada para garantizar que la falla sea por fluencia.
- Teniendo la cuantía requerida; se calcula el diámetro y el número de varillas a utilizar para refuerzo en cuanto a flexión.
- Se calcula el momento nominal, el cual va a ser el mismo momento resistente con el que se diseña la viga para así obtener la carga o la fuerza que debe resistir la viga.
- Para garantizar que la viga quede reforzada adecuadamente a cortante debemos calcular la separación de los estribos.
- Una vez obtenido los parámetros de diseño del ensayo se continua con la preparación de la mezcla y su respectivo encoframiento para esto hay que tener en cuenta lo siguiente:
- Vaciar el concreto lo más rápido posible, sin que se produzcan pérdidas, teniendo en cuenta el espaciamiento entre barras y el tamaño de los agregados.
- Vibrar y compactar el concreto, así como también adecuar el vaciado a la geometría de la formaleta a utilizar.



- Realizar el desencoframiento a los tres días de fundido.
- Realizar el curado durante tres semanas luego de desencofrar.
- Realización del ensayo a los 28 días.

#### CALCULOS

$$f'c = 21\text{MPa} \quad f_y = 240\text{MPa}$$

Determinamos la cuantía requerida

$$\rho_{\min} = (0.8v f'c) / 25$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.85\beta ( f'c / f_y ) ( 6000 / 6000 + f_y )$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_{\text{bal}} = 0.06$$

Utilizando varillas # (") se tiene que:

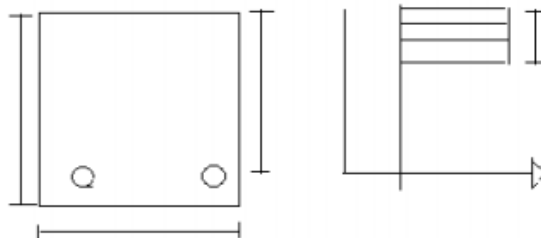
$$d = AV = \pi d^2 / 4 = \pi$$

Tomando N varillas se tiene:  $A_s =$

$$\rho = A_s / bd = \rho =$$

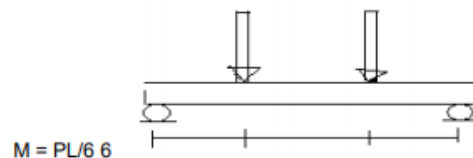
Luego la cuantía cumple que  $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow$  Como la falla es por fluencia:

$$f_s = f_y \quad a = ( A_s f_y ) / ( 0.85 f'c b ) = m \quad (\text{Mejorar estos esquemas señalando los valores o fórmulas})$$



$$M_n = A_s f_y ( d - a/2 ) = \text{kN-cm}$$

$$M_R = M_n =$$



$$P =$$

Hay que asegurar que no falle por cortante

$$V = p/2 = \Phi V_c + \Phi V_s \quad \text{o} \quad V = V_c + V_s$$

Pero primero debemos asegurarnos si necesita refuerzo a cortante

$$T_{\max} = V_{\max} / bd \text{ MPa}$$

$$\Phi V_c$$

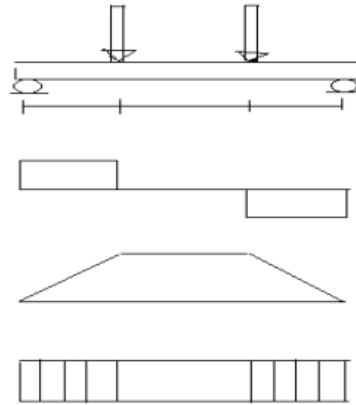
Si es necesario reforzarlo a cortante

Tomando S= utilizando estribos rectangulares de (")



$$V = V_c + V_s \Rightarrow P/2 = 0.53 \sqrt{f'c} b d + (d/S) A_v f_y$$

$$P/2 = \Rightarrow P_{cort} = P_{cor} = KN$$



(Mejorar estos esquemas señalando valores o fórmulas)

### ENSAYO PARA FALLA FRÁGIL Y FALLA DÚCTIL EN UNA VIGA T

#### PROCEDIMIENTO

- Diseñar una viga T de dimensiones ((H=10; be=12 ; bn=8; t=3) cm con resistencia de  $f'c = 140 \text{ Kg/cm}$  y  $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}$ .
- Calcule los parámetros de diseño (cuantía mínima, máxima, y balanceada) talque la cuantía de diseño se encuentre entre la cuantía mínima y la máxima.

$$\rho_{bal} = \frac{0.85\beta_1 f'c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{máx} = 0.75\rho_{bal}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y}$$

- A partir del área de acero se calcula la cuantía de diseño.

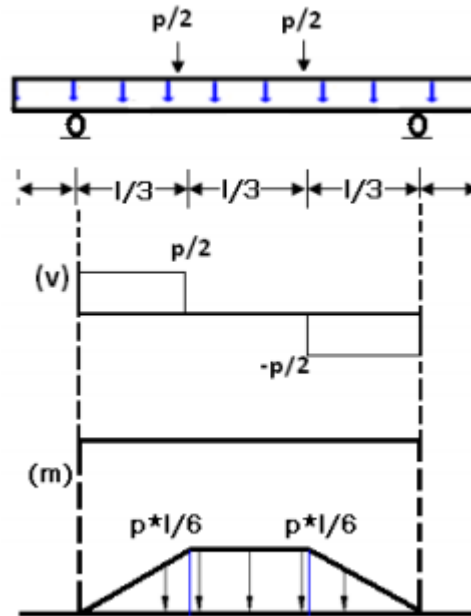
$$\rho_{dis} = \frac{A_s}{b \times d}$$

Se calcula el momento resistente el cual va a ser igual al momento actuante estableciendo así la carga que debe resistir la viga:

$$M_r = \phi \times A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

El factor de resistencia no se tiene en cuenta por ser un ensayo de laboratorio.

Como se debe asegurar que la viga no falle por cortante se calcula los esfuerzos cortantes actuantes y resistentes para verificar si necesita estribos.



$$V_{m\acute{a}x} = \frac{p}{2}$$

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{V_{max}}{b \times d}$$

$$\phi V_{concreto} = 0.53 \sqrt{f'c} \times b \times d$$

Si  $\phi V_{concreto} < V_{m\acute{a}x}$  entonces necesitas estribos

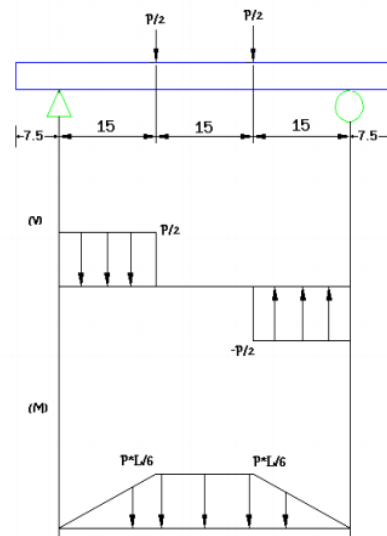
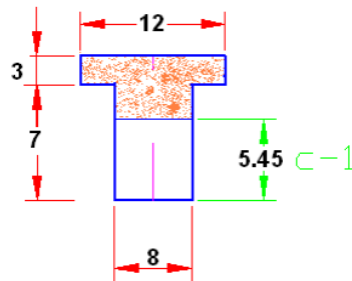
Se verifica mediante las ecuaciones establecidas que la falla se producirá solo por fluencia y no por cortante. Después de haber realizado el diseño de la viga se procede con la preparación de la mezcla y el encoframiento de los materiales teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Lubricar las paredes de las formaletas de las vigas. para evitar su adherencia con el concreto y evitar descascaramiento al momento de desencofrarlas.
- Vaciar una pequeña capa de concreto con un espesor que garantice el recubrimiento mínimo. Inmediatamente, ubicar centradamente la armadura de acero y finalmente cubrir esta con el vaciado del concreto rápidamente para evitar segregaciones vibrando y asegurándose, que la armadura no se mueva.
- Con ayuda del palustre alisar la superficie de la viga y dejarla al ras del encofrado, cubrir con papel aluminio para evitar la pérdida de humedad y por consiguiente porosidades en la vigueta.



- Realizar el desencoframiento a las 24 horas de fundido y sumergirlo en agua para el curado durante 28 días.
- Realizar el ensayo a los 28 días teniendo en cuenta que la probeta esta seca y no presente deformaciones evidentes en su geometría.

MEMORIAS DE CALCULOS (ANTES DEL ENSAYO)



$$F'c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el material homogéneo entonces tenemos:

$$\sigma = M\check{y}/I$$

$$M = \sigma * I / \check{y}$$

$$\check{y} = \frac{\sum A_i \times Y_i}{A_t}$$

$$I_{cy} = \frac{\left( b \times \frac{h^3}{12} \right)}{12} + A \times d^2$$



$$\sigma_c = 0.45 \times f'c = 63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 2.21 \times \sqrt{f'c} = 26.15 \text{ kg/cm}^2$$

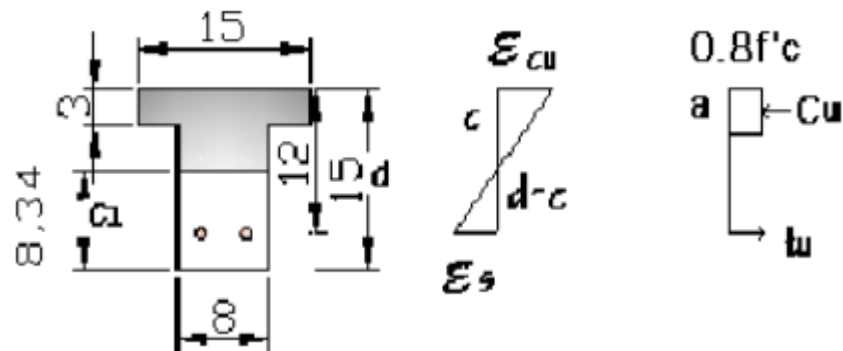
Usar ecuaciones en el SI (Sistema internacional)

$$M_c = \frac{\sigma_c \times I}{\bar{y}_2}$$

$$M_c = \frac{\sigma_t \times I}{\bar{y}_1}$$

$p_c$  = Obtener la carga de falla para la zona de compresión

$p_t$  = a tensión indicar calculos



$$f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Se asume inicialmente un área de acero equivalente a (//")

$$A_s = \text{cm}^2$$

- Para las aletas tenemos: C=T

$$0.85f'c \cdot t \cdot (b_e - b_n) = A_s \cdot f_y$$

$$A_s = \frac{0.85 \times f'c \times t \times (b_e - b_n)}{f_y}$$

$$A_s =$$

$$M_r = 0.85f'c \cdot t \cdot (b_e - b_n) \cdot (d - t/2)$$

$$M_r \text{ kN-cm}$$

Con este valor se obtiene la carga de falla esperada durante el ensayo

$$P = 6 \cdot M_r / L = \frac{6 \times 26239.5 \text{ kg-cm}}{45 \text{ cm}} = 3.5 \text{ ton}$$

- Para el nervio=

$$A_{sn} = A_s - A_{sa}$$

$$A_{sn} \text{ cm}^2$$

$$C = T$$



$$0.85f'_c \cdot a \cdot b_n = A_s n \cdot f_y$$

$$a =$$

$$a = , a > t$$

$$M_r = 0.85f'_c \times a \times b_n \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_r =$$

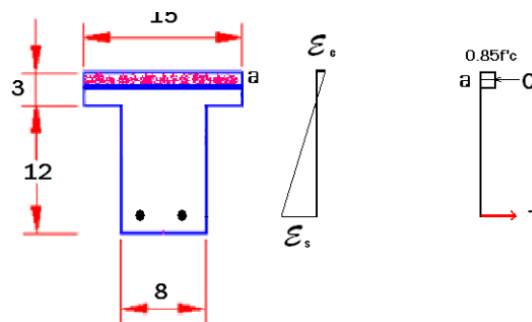
$$P = 6 \times \frac{M_r}{L} = \frac{6 \times 35276.55 \text{ kg/cm}}{45 \text{ cm}}$$

$$P = \text{KN}$$

$$P_t = \text{kN}$$

Con esta carga se ha superado la capacidad de la maquina

### Segundo pre diseño



$$a = 1.86 \text{ cm}$$

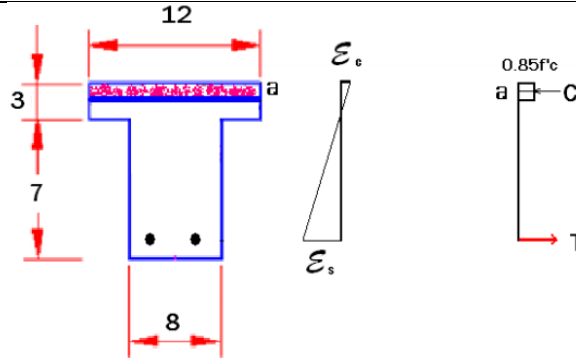
$$c = \frac{1.86}{0.85} = 2.18 \text{ cm}$$

$$M_r = 0.85f'_c b_e a \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$P = \text{kN}$$

Este valor es muy cercano a la capacidad de la maquina por lo que este diseño conlleva a cambiar las dimensiones de la viga.

### Tercer pre diseño



C=T

$$0.85f_c ab = A_s f_y$$

a= y c=

$$Mr = 0.85f_c b_e a \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

P =

$$\rho = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} \quad 0.003 < 0.005 \quad \rho_{min} = 0.005$$

$$\rho_d = \frac{A_s}{b \times d} \quad \rho_d = \frac{0.633}{12 \times 8} \quad \rho_d = 0.0065$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \times 0.85 \times \frac{140}{2800} \times \frac{6000}{6000 + 2800}$$

$$\rho_{max} = 0.0184$$

$$\rho_{min} < \rho_d < \rho_{max} \quad ok$$

$$Vr = \frac{P}{2} = \frac{2.5 \text{ ton}}{2} = 1.25 \text{ ton}$$

$$Vc = 0.53\sqrt{f'_c} \times b \times d \quad \text{Usar SI}$$

$$Vr = Vc + Vs$$

$$Vs = Vr - Vc$$

$$Vs =$$

- Lo máximo a lo cual a lo cual puede trabajar el acero a cortante es:

$$2.21\sqrt{f'_c} \times b \times d \quad \text{Usar SI}$$



- Condición de separación según la norma:

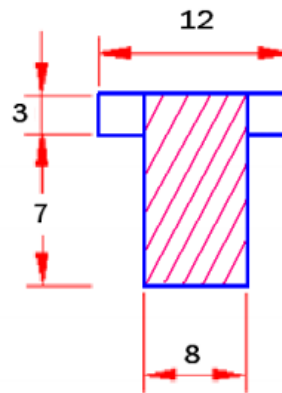
$$s \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{2} \\ 60 \text{ cm} \\ \frac{d}{4} \text{ si } V_s > 1.1\sqrt{f'c} \times b \times d \end{array} \right\}$$

$V_s =$

Como  $V_s$

Entonces la distancia mínima que debemos tomar es  $\frac{d}{4} = 2 \text{ cm}$ . Sin embargo se debe tener en cuenta que para esta separación se pueden presentar problemas con la granulometría de los agregados entonces se emplea  $d/2$

- En las vigas T los esfuerzos a cortante son absorbidos por el nervio y un mínimo valor por las aletas que es despreciable.



- Suponemos un área de acero para estribos  $\phi = 3/16''$  para mirar cuanto resiste a cortante.

$A_v = 0.178 \text{ cm}^2$  o  $0.125 \text{ cm}^2$  para  $d = 4 \text{ mm}$

$$V_r = V_c + V_s$$

$$V_r = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times d + \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = V_u = \frac{p}{2}$$

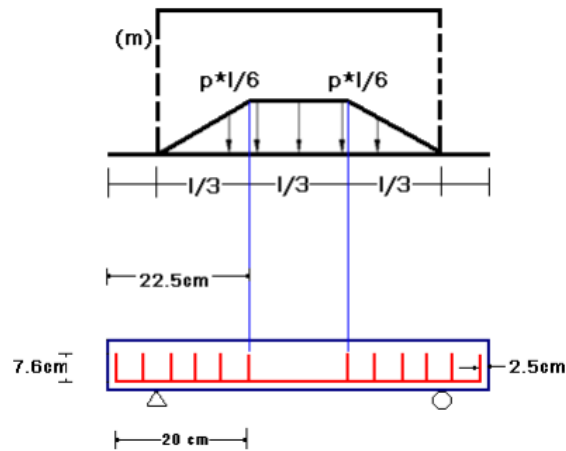
$$P_v = 2V_r \geq P_m$$

Bien?

- Longitud de desarrollo:

$L = d$

Se toma como longitud de desarrollo  $\text{cm}$ .

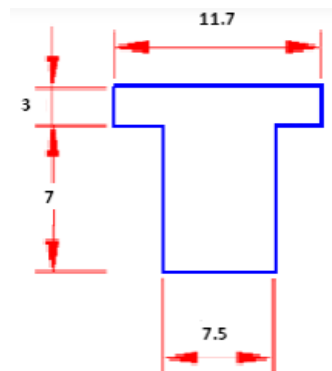


MEMORIAS DE CÁLCULOS (después de realizar los ensayos)

Se obtuvo  $f'c$  = MPa proveniente del diseño de mezcla a los 14 días de fundición.

Vigueta # 1 (sin refuerzo)

L=60 cm



$f'c = 93.66 \text{ kg/cm}^2$

Siendo el material homogéneo entonces tenemos:

$$\sigma = M / \check{y}$$

$$M = \sigma * I / \check{y}$$

$$\check{y} = \frac{\sum A_i \times Y_i}{A_t}$$

$$\bar{y} = \Sigma \frac{7.5 \times 7 \times 3.5 + 11.7 \times 3 \times 8.5}{7.5 \times 7 + 11.7 \times 3} = 5.50 \text{ cm}$$

C1=5.50

C2=4.50



$$I_{cy} = \frac{\left(b \times \frac{h^3}{12}\right)}{12} + A \times d^2$$

$$\sigma_c = 0.45 \times f'c = 42.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 2.21 \times \sqrt{f'c} = 21.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_c = \sigma_c \times I / \check{y}_2$$

$$M_t = \sigma_t \times I / \check{y}_1$$

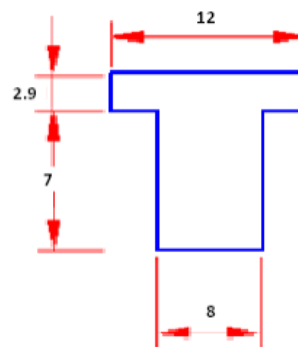
Pc

Pt

Carga soportada por la vigueta = kN

Vigueta # 2 (sin refuerzo)

L = 60 cm



$$F'c = 93.66 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el material homogéneo entonces tenemos:

$$\sigma = M / \check{y}_i$$

$$M = \sigma \times I / \check{y}$$

$$\check{y} = \frac{\sum A_i \times Y_i}{A_t}$$

$$I_{cy} = \frac{\left(b \times \frac{h^3}{12}\right)}{12} + A \times d^2$$

$$\sigma_c = 0.45 \times f'c = 42.14 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{SI}$$

$$\sigma_t = 2.21 \times \sqrt{f'c} = 21.39 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{SI}$$

$$M_c = \sigma_c \times I / \check{y}_2$$

$$M_t = \sigma_t \times I / \check{y}_1$$



$$pc = 733.35 \text{ kg} = 0.73 \text{ ton}$$

$$pt = 317.19 \text{ kg} = 0.317 \text{ ton}$$

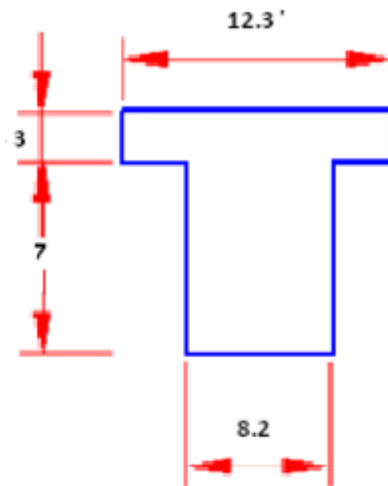
### Carga soportada por la vigueta kN

Vigueta # 3 (con refuerzo)

$$L = 60.5 \text{ cm}$$

$$FY = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fc = \text{kg/cm}^2$$



**C = T**

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} \quad 0.003 < 0.005 \quad \rho_{min} = 0.005$$

$$\rho_d = \frac{As}{b \times d} =$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{min} < \rho_d < \rho_{max} \quad \text{ok}$$

$$Vr = \frac{p}{2} = n$$

$$Vc = \sqrt{6} \times$$

$$Vs =$$

- Lo máximo a lo cual puede trabajar el acero a cortante es:

$$2.21\sqrt{f_c} \times b \times d \quad \text{SI}$$



$V_s =$

- Condición de separación según la norma:

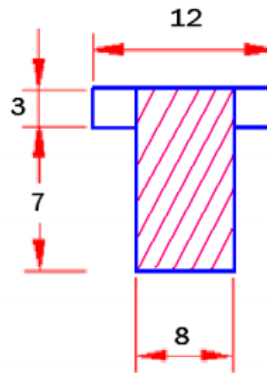
$$s \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{2} \\ 60 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

$$\left( \frac{d}{4} \text{ si } V_s > 1.1\sqrt{f'c} \times b \times d \right)$$

$V_s \geq$

Entonces la distancia mínima que debemos tomar es  $\frac{d}{4} = 2 \text{ cm}$ . Sin embargo, se debe tener en cuenta que para esta separación se pueden presentar problemas con la granulometría de los agregados entonces se emplea  $d/2$ .

- En las vigas T los esfuerzos a cortante son absorbidos por el nervio y un mínimo valor por las aletas que es despreciable

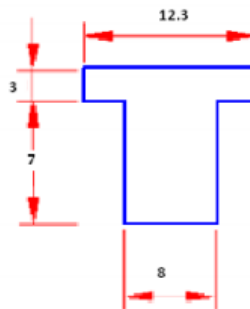


- Suponemos un área de acero para estribos  $\phi=3/16''$  para mirar cuanto resiste a cortante.

$A_v = 0.178 \text{ cm}^2$  o,  $0.125 \text{ cm}^2$  para  $d=4 \text{ mm}$

$$V_r = V_c + V_s$$

VIGUETA #4 (Con refuerzo)



$L=60.5 \text{ cm}$



$$F_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_c = 93.66 \text{ kg/cm}^2$$

$$C = T$$

$$0.85 f'_c \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$a = \frac{0.633 \times 2800}{0.85 \times 93.66 \times 8} = 2.78 \text{ cm}$$

$$c = \frac{2.78}{0.85} = 3.27$$

$$M_r = 0.85 f'_c \times b \times e \times a \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_r = 0.85 \times 93.66 \times 12.3 \times 2.78 \times (8 - 1.39) = 17993.86 \text{ kg/cm}$$

$$p = \frac{179993.86 \times 6}{60.5} = 1.78 \text{ ton}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8 \sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} \quad 0.003 < 0.005 \quad \rho_{min} = 0.005$$

$$\rho_d = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{0.633}{12.3 \times 8} = 0.0062$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \times 0.85 \times \frac{93.66}{2800} \times \frac{6000}{6000 + f_y} = 0.0123$$

$$\rho_{min} < \rho_d < \rho_{max} \quad ok$$

$$V_r = \frac{p}{2} = \frac{1.78}{2} = 0.89 \text{ ton}$$

$$V_c = 0.890 - 0.328 = 0.562 \text{ ton}$$

- Lo Máximo a lo cual puede trabajar el acero a cortante es:

$$2.21 \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$2.21 \sqrt{93.66} \times 8 \times 8 = 1.368 \text{ ton}$$

- Condición de separación según norma:

$$s \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{2} \\ 60 \text{ cm} \\ \frac{d}{4} \text{ si } V_s > 1.1 \sqrt{f'_c} \times b \times d \end{array} \right\}$$

$$V_s \geq 1.1 \times \sqrt{93.66} \times (8.2 \times 8) = 0.68 \text{ ton}$$



Entonces la distancia mínima que debemos tomar es  $\frac{d}{4}$ . Sin embargo, se debe tener en cuenta que para esta separación se pueden presentar problemas con la granulometría de los agregados entonces se emplea  $d/2$ .

- En las vigas T los esfuerzos a cortante son absorbidos por el nervio y un mínimo valor por las aletas que es despreciable.

### DISEÑO DE UNA VIGA CANAL EN CONCRETO SIMPLE Y UNA VIGA CANAL EN CONCRETO REFORZADO A LA FLEXIÓN

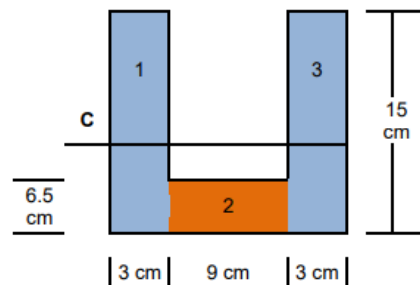
Las vigas de canal, cumplen las funciones de arriostrar longitudinalmente los pórticos y recolección de aguas pluviales.

Tienen diferentes dimensiones.

#### CALCULO DE VIGA CANAL DE CONCRETO SIMPLE

$$F'c = 144 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 45 \text{ cm}$$



Calculo del centroide

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i y_i}{A_t}$$

C= cm medidos desde la base de la viga.

CALCULO DE LA INERCIA

I = Se calcula el esfuerzo máximo a tensión por la correlación.

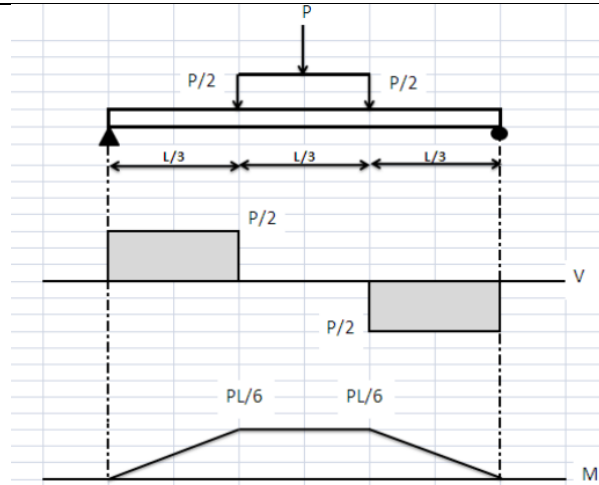
$$\delta_{max t} = 2.21 \sqrt{f'c} \quad \text{Usar SI}$$

$$M_{rt} = \frac{pL}{6} = \delta_{max t} \times S$$

$$S = \frac{I}{C_1}$$

P que proporciona la maquina es de:

P = CALCULO DE LA RESISTENCIA A CORTANTE DE LA VIGA DE CONCRETO SIMPLE



Tenemos de la norma NSR – 98 que la resistencia del concreto a cortante está determinada por:  
C.11.3.1.1-Para elementos sometidos a cortante y flexión únicamente:

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} = \frac{\sqrt{144}}{6} = 2 \frac{kg}{cm^2}$$

Fuerza cortante

$$V_c = V_c \times A_{al}as$$

$$A_{al}as = A_1 + A_2 = cm^2$$

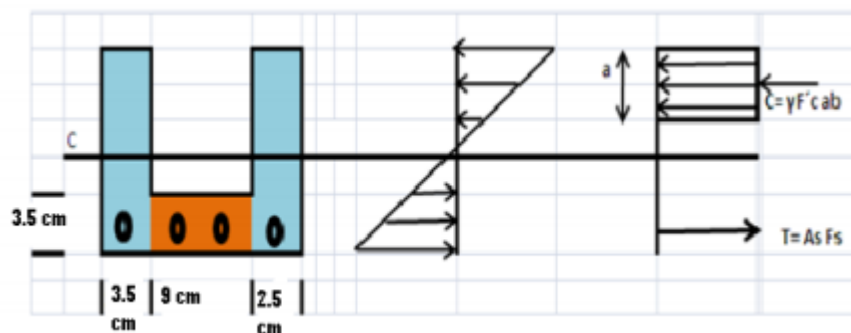
$V_c$ = La fuerza cortante que debe soportar es de en el apoyo y la máxima que soporta es de.

#### CALCULO DE VIGA CANAL DE CONCRETO REFORZADO A LA TENSIÓN

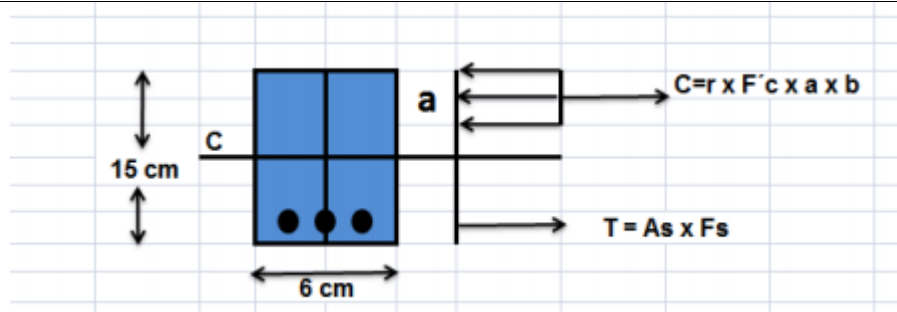
$$f'_c = 144 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 45 \text{ cm}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$



La viga se diseña como una viga rectangular.



Por ser rectangular el centroide queda en la mitad de la altura.

$C =$

### CALCULO DEL BLOQUE A COMPRESIÓN a

$$a = 0.85 c =$$

### CALCULO DE LA FUERZA A COMPRESIÓN C

$$C = 0.85 F'c a b =$$

Tenemos que  $T = C$  y  $T = F_s A_s$ , para que la falla sea dúctil  $F_s = F_y$

$$A_s = 0.85 F'c a b / F_y = \text{cm}^2$$

Usaremos barra #2 con un área de 0.32 cm<sup>2</sup> por barra dándonos así barras.

Lo que nos da un  $A_s = \text{cm}^2$ , la cuantía de diseño será entonces

$$\rho = A_s / bd =$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = 0.00333$$

$$\rho_b = 0.85 \times \left( f' \frac{c}{f_y} \right) \times \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b$$

Lo que significa que la cuantía de diseño no se encuentra entre la mínima y la máxima lo que no nos garantiza una falla dúctil.

Por lo cual usaremos barra #2 con un área de 0.32 cm<sup>2</sup> por barra dándonos así barras.

Lo que nos da un  $A_s = 0.96 \text{ cm}^2$ , la cuantía de diseño será entonces

$$\rho = A_s / bd =$$

Lo que nos muestra una cuantía entre la mínima y la máxima, garantizando una falla dúctil.

Se calcula momento nominal que resiste.

$$M_n = A_s F_y (d - a/2)$$

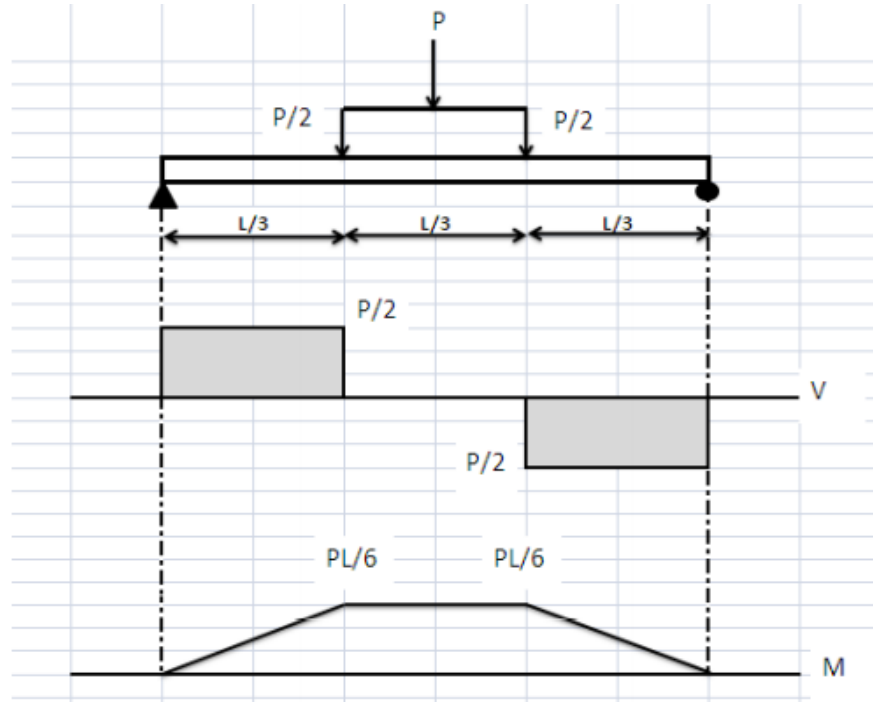
Ahora igualamos

$$M_n = M_{rt} = PL / 6$$



La carga que soportara la viga es de:

P = CALCULO DE LA RESISTENCIA A CORTANTE DE LA VIGA DE CONCRETO REFORZADO



El cortante máximo que soportara la viga es de  $V_n =$

El momento máximo será de  $M_n =$

Para verificar vemos si el concreto resiste la fuerza cortante usamos la siguiente ecuación:

C.11.3.1.1-Para elementos sometidos a cortante y flexión únicamente:

$$v_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6}$$

Fuerza cortante

$$V_c = V_c \times A_{al}$$

$V_c =$  Lo que nos muestra que no resiste ya que tiene que soportar.

$V_n =$  Por lo que hay que reforzar a cortante Para saber la fuerza que debe soportar el acero tenemos:

$V_n = \Phi (V_c + V_s)$  ; donde  $\Phi = 0.85$  y es un factor de mayoración para asegurar que la falla no sea por cortante.

$\Phi V_s =$

Donde:

$$\Phi V_s = (\Phi \times A_s \times F_y \times d) / S$$

$A_s =$  área de acero de los estribos

$S =$  separación entre estribos



Utilizaremos barras de acero # 2 con un área de 0.32 cm<sup>2</sup> y  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$A_s = \text{cm}^2$

$V_s =$

$S = (A_s \times F_y \times d) / V_s$

$S = \text{cm}$

La separación máxima que podemos usar es de  $d/2 = 6.75 \text{ cm}$

Lo cual nos muestra que debemos colocar 5 estribos a una separación de 6 cm.

#### CHEQUEO DE LA LONGITUD DE DESARROLLO

La longitud de desarrollo no será ningún problema ya que las formaletas dejan 7.5 cm de concreto a cada lado del apoyo y además se le pondrán ganchos con longitud de 12D para esta función.

### ENSAYO DE UNA VIGA RECTANGULAR PARA FALLA POR CORTANTE CON ESTRIBOS VERTICALES E INCLINADOS

#### PROCEDIMIENTO

A partir del diseño de mezclas idealizado para obtener una resistencia máxima a la compresión a los 28 días ( $f'c$ ) con el propósito de analizar el comportamiento que tiene una vigueta estándar en relación con la resistencia al esfuerzo cortante, es necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. A partir de las dimensiones establecidas para la viga a ensayar (10x15x60), se diseñan y fabrican 3 formaletas, teniendo en cuenta que debe satisfacerse la anterior condición, lubricando con aceite las paredes internas de la formaleta para evitar su adherencia con el concreto.
2. Construir el armazón de la viga a partir de los resultados obtenidos en el cálculo de acero de refuerzo longitudinal y transversal.
3. Para la colocación y disposición de la armadura se recomienda la siguiente metodología de tal manera que se garantice un recubrimiento de 2 cm.
  - a. se colocan 2 soportes transversales apoyados en la parte superior de la formaleta.
  - b. se sujetan a cada uno de dichos soportes dos alambres cortos en forma de gancho, en cuyos extremos inferiores se amarran las varillas dispuestas longitudinalmente para resistir la flexión.
4. Fabricar el concreto bajo las especificaciones de diseño con los cuidados y precauciones pertinentes en dicho proceso.
5. Depositar el hormigón en las formaletas para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:
  - a. extender con cuidado la primera capa de concreto, con la precaución de no alterar la ubicación del acero de refuerzo, garantizándole así el recubrimiento mínimo.
  - b. compactar el concreto con ayuda de una varilla como la usada en el ensayo de determinación de  $f'c$ .



- c. Repetir el procedimiento anterior literal a extender las siguientes dos capas.
6. Se enraza y pule las superficies con el uso del palustre teniendo el cuidado de sacar el excedente de agua presente en la superficie y de allanar las imperfecciones e irregularidades que ésta presente.
7. Se cubre la superficie de la formaleta rellena con material impermeable (plástico o en su defecto papel aluminio) para evitar la deshidratación.
8. Se desencofra a las 24 horas y se somete a curado para lo cual se sumerge en agua durante 28 días.
9. Para el día del ensayo se deben llevar a cabo los siguientes pasos:
- secar correctamente las probetas hora antes de la prueba
  - se verifican las dimensiones de la probeta de tal manera que correspondan con las de una vigueta estándar.
  - se realiza el montaje de las viguetas en la máquina adaptada para este ensayo.
10. se somete a carga progresiva hasta la falla, registrando dicho dato y verificando el tipo de falla.
11. Se caracteriza la grieta en la vigueta fallada, corroborándose la inclinación de ésta.
12. Luego del ensayo se verifican las distancias a partir del extremo más cercano a la grieta, tanto en la parte superior como en la inferior, así también como la carga para la cual falla la vigueta.

#### CALCULOS

Diseño a flexión y cortante de una viga rectangular con estribos verticales ( $\alpha = 90^\circ$ )

Para el diseño de las probetas se determina la siguiente manera. Se calcula la separación de los estribos.

$$S = 15/2$$



Cortante en los estribos.

En los estribos se va a utilizar una varilla de 4 mm de diámetro que equivale un área de:

$$A_{estribos} = \pi \frac{(0.4^2)}{4} = 0.125 \text{ cm}^2$$

El área de la sección de la armadura que trabaja a cortante, en dos ramales.

$$A_v = 2 (0,125) = 0,25 \text{ cm}^2$$

$V_s$  = La fuerza cortante que resiste la armadura transversal.

$V_c$  = La fuerza cortante que resiste el concreto.

El cortante crítico para el cual se realiza el diseño es:

$$V_r = V_s + V_c =$$

En el diagrama de cortante, el cortante máximo es



$$V_r = P/2 \quad V_r = V_u$$

$$P = 2V =$$

Del diagrama de Momento.

$$M_u = M_n = PL/6 =$$

Cuantía de diseño

$$M =$$

$$K = \frac{M_u}{b \times d^2} =$$

$$\rho =$$

$$\rho_{min} = 0.8 \times \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} = 0.005$$

Con un  $\alpha = 0.7225$  para  $f'_c$  (28 días)  $\leq 280$  Kg/cm<sup>2</sup>

$$\rho_b = \alpha \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y} = 0.7225 \times \frac{140}{2800} \times \frac{6000}{6000 + 2800} = 0.02463$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,75 \rho_b =$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{m\acute{a}x}$ .  $< \rho_b$ , falla dúctil.

Calculo del área de acero

$$A_s =$$

$$\rho_d = 0.0082053$$

$$M =$$

$$P$$

Se colocarán estribos desde el apoyo separado cm de lado y lado, hasta donde requiere refuerzo por cortante.

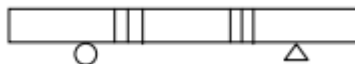
### DISEÑO A FLEXIÓN Y CORTANTE DE UNA VIGA RECTANGULAR CON ESTRIBOS INCLINADOS

$$\alpha = 45$$

Para el diseño de las probetas se determina de la siguiente manera.

Se calcula la separación de los estribos.

$$S = 13/2$$



Cortante en los estribos.

En los estribos se va a utilizar una varilla de 4 mm de diámetro que equivale un área de:

$A_{Estribos}$  = El área de la sección de la armadura que trabaja a cortante, en dos ramales.



$$A_v = 2 (0,125) = 0,25 \text{ cm}^2$$

$V_s$  = La fuerza cortante que resiste la armadura transversal.

$V_c$  = La fuerza cortante que resiste el concreto.

El cortante crítico para el cual se realiza el diseño es:

$$V_r = V_s + V_c =$$

En el diagrama de cortante, el cortante máximo es

$$V_r = P/2 \quad V_r = V_u$$

$$P = 2V =$$

El diagrama de Momento.

$$M_u = M_n = PL/6 =$$

Cuantía de diseño

$$m =$$

$$K = \frac{M_u}{b \times d^2} =$$

$$\rho =$$

Con un  $\alpha = 0.7225$  para  $f'_c$  (28 días)  $\leq 280 \text{ Kg/cm}^2$

$$\rho_b = \alpha \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y} = 0.7225 \times \frac{140}{2800} \times \frac{6000}{6000 + 2800} = 0.02463$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b =$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} < \rho_b, \text{ falla dúctil.}$$

Calculo del área de acero  $A_s$

$$P_d = 0.01169$$

M

P

-Carga necesaria para que falle por flexión.

P = Carga necesaria para que falle por cortante.

Se colocarán 3 estribos desde el apoyo separado 6.5 cm de lado y lado, hasta donde requiere refuerzo por cortante.

#### Longitud de desarrollo con gancho estándar

Para acero de refuerzo a tensión.

Para # 3  $L_{dH} =$  (FÓRMULA)

En este caso se toma.

Longitud del gancho =  $12 * d_b = \text{cm}$ , en este ensayo se toma 8 cm.



### COMPORTAMIENTO DE COLUMNAS CORTAS CON DIVERSOS TIPOS DE MATERIALES Y EQUIPOS

- Concreto de  $140\text{kgf/cm}^2$  (14 Mpa)



- Acero de refuerzo



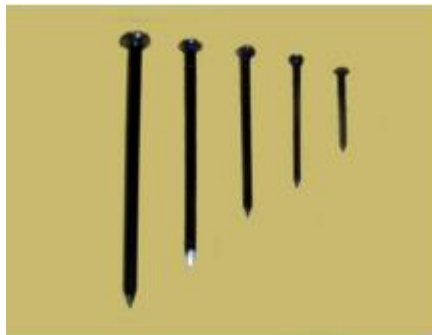
- Soportes y distanciadores para el refuerzo.
- Alambres para amarre de los estribos



- Formaletas correspondientes a la sección a diseñar.



- Puntilla para formaleta.



- Aceite



- Brocha



- Dispositivo con los respectivos ajustes, para someter la viga a la carga.



### REPORTE DE RESULTADOS

#### 1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- b. Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- c. Describa brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

#### 2. Ensayo Estándar

Describa brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

#### 3. Análisis de resultados:

- a. Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- b. Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- c. Hallé el modulo elástico del acero. Conluya.

#### 4. Conclusiones

### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).



Código: DO-VI-F-628

Versión: 02

Emisión: 01/03/2019

Página 1 de 6

| NOMBRE DE LA PRÁCTICA    | Práctica No. |
|--------------------------|--------------|
| TRACCIÓN BARRAS DE ACERO | 3            |

|                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Fecha de la practica              |                            |
| Laboratorio ó Área de la practica | Laboratorio de estructuras |
| Espacio académico                 | Mecánica de materiales     |
| Facultad o Unidad                 | Ingeniería civil           |
| Nombre del docente o instructor   |                            |

|        |                               |                                       |
|--------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Grupo: | Número total de estudiantes : | Número de subgrupos para la práctica: |
|--------|-------------------------------|---------------------------------------|

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Hora de inicio: | Hora de salida: |
|-----------------|-----------------|

|                      |           |  |         |  |                    |   |          |  |
|----------------------|-----------|--|---------|--|--------------------|---|----------|--|
| Espacio de Carácter: | Académico |  | Teórico |  | Teórico - práctico | X | Práctico |  |
|----------------------|-----------|--|---------|--|--------------------|---|----------|--|

|                                   |            |   |         |  |           |  |
|-----------------------------------|------------|---|---------|--|-----------|--|
| Metodología del espacio académico | Presencial | X | Virtual |  | Distancia |  |
|-----------------------------------|------------|---|---------|--|-----------|--|

**MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS**

| Reactivo | Concentración | Unidad | Cantidad |
|----------|---------------|--------|----------|
| N/A      |               |        |          |
|          |               |        |          |
|          |               |        |          |
|          |               |        |          |
|          |               |        |          |

| Materiales y Consumibles         | Unidad  | Cantidad |
|----------------------------------|---------|----------|
| Acero A 36 $\Phi 5/8''$ L= 45 cm | Varilla | 1        |
| Aluminio $\Phi 5/8''$ L= 45 cm   | Varilla | 1        |
| Acero A 60 $\Phi 5/8''$ L= 45 cm | Varilla | 1        |
| Acero A 60 $\Phi 1/2''$ L= 45 cm | Varilla | 1        |
| Cobre $\Phi 5/8''$ L= 45 cm      | Varilla | 1        |
| Bronce $\Phi 5/8''$ L= 45 cm     | Varilla | 1        |
|                                  |         |          |
|                                  |         |          |
|                                  |         |          |



| <b>Equipos y Accesorios</b>  | <b>unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|--|---------------|-----------------|
| Extensómetro para barra de acero Digital   | Unidad        | 1               |
| Adaptador Extensómetro   | Unidad        | 1               |
| Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero | Unidad        | 1               |
| Calibrador Pie de Rey Digital  | Unidad        | 1               |
| Maquina universal  | Unidad        | 1               |
|  |               |                 |
|  |               |                 |
|  |               |                 |
|  |               |                 |

| <b>MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES</b> |               |                  |
|---|---------------|------------------|
| <b>Elementos</b>                              | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b>  |
| Bata  | Unidad        | 1 por estudiante |
|   |               |                  |
|   |               |                  |
|   |               |                  |
|   |               |                  |

| <b>MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS</b>   |   |
|---|---|
| <p>Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.</p> |   |
| <b>Elementos</b>  | <b>señalar si el estudiante lo requiere</b> |
| Guantes de carnaza  | X   |
| Tapabocas desechable  | X   |
| Protector auditivo  |   |
| Casco de seguridad  |   |
| Otros: Gafas de seguridad   | X   |

**OBJETIVOS**

**General:**

Realizar y analizar la curva de esfuerzo vs deformación unitaria para materiales metálicos.



**Específicos:**

- Analizar el procedimiento realizado en el laboratorio para Ensayo a tracción de materiales metálicos.
- Graficar la curva de Esfuerzo versus Deformación unitaria de diferentes materiales.
- Analizar la curva Esfuerzo versus deformación unitaria para diferentes materiales.
- Determinar módulo de elasticidad y puntos característicos para cada material.
- Hallar los parámetros de energía de deformación en cada material.
- Diferenciar materiales dúctiles y frágiles.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS**

El ensayo se debe realizar a temperatura ambiente 10°C - 30°C. Los ensayos que funcionan de manera controlada por lo general adoptan una temperatura de 23°C ± 5°C

**Definiciones**

Longitud calibrada (L): Es la longitud de la sección cilíndrica a la cual se va a medir su elongación durante el ensayo.

Longitud calibrada inicial (Lo): Longitud antes de la aplicación de carga.

Longitud calibrada inicial (Lu): Longitud después del ensayo.

Longitud paralela (Lc): Longitud de la sección reducida.

Área de la sección transversal inicial: So medida en mm<sup>2</sup>

Área mínima de la sección transversal después de la rotura: Su medida en mm<sup>2</sup>

Porcentaje de reducción del área (Z):

$$\frac{S_0 - S_U}{S_0} \times 100 \quad \text{Ec.1}$$

Porcentaje de elongación después de la rotura (A):

$$\frac{L_U - L_0}{L_0} \times 100 \quad \text{Ec.2}$$

Para obtener los valores del porcentaje de elongación se deben juntar los pedazos, de modo que estén rectos, para medir la longitud calibrada final, se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con un margen de error de 0.1 mm y los porcentajes de de elongación se deben aproximar al 0,5%. Esto solo se debe realizar si no se tiene un extensómetro.

Elongación: Alargamiento de la longitud calibrada inicial.

La longitud calibrada no debe ser menor de 20 mm

**Conocimientos previos**

- Diagramas de esfuerzo versus deformación unitaria.
- Ley de Hooke.
- Módulo de resiliencia y módulo de tenacidad.
- NTC 2 ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS.

**METODOLOGÍA**

**PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA**



1. Cada grupo se debe hacer cargo de ensayar la probeta de metal bajo supervisión del docente. Debe consultar velocidad de ensayo en la normatividad vigente y llenar la siguiente tabla

| PROBETA NO. | MATERIAL | Long calibrada. | Longitud inicial entre marcas | Longitud final entre marcas | Diámetro inicial | Diámetro final |
|-------------|----------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------|
|             |          | mm              | mm                            | mm                          | mm               | mm             |
| 1           |          |                 |                               |                             |                  |                |
| 2           |          |                 |                               |                             |                  |                |
| 3           |          |                 |                               |                             |                  |                |
| 4           |          |                 |                               |                             |                  |                |
| 5           |          |                 |                               |                             |                  |                |
| 6           |          |                 |                               |                             |                  |                |

Resistencia esperada:

2. Cada grupo debe realizar la curva esfuerzo vs deformación unitaria del material que le corresponde

**Para metales:**

- Gráfica esfuerzo vs deformación unitaria de los datos obtenidos durante el ensayo de laboratorio y Gráfica esfuerzos deformación unitaria corregida.
- Nombre de la gráfica indicando el material y ejes de la gráfica con correspondientes unidades.
- Línea que representa el módulo de elasticidad y su valor.
- Límite de proporcionalidad.
- Límite elástico.
- Límite de fluencia.
- Punto de endurecimiento por deformación.
- Resistencia máxima.
- Rotura de ingeniería.
- Rotura real.
- Área correspondiente a módulo de resiliencia y su valor.
- Área correspondiente a módulo de tenacidad y su valor.

Debe presentar una tabla indicando el esfuerzo y la deformación unitaria obtenidos en cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

**Nota:** En caso de utilizar extensómetro se deben utilizar estos datos.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**1. Descripción del ensayo realizado:**

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).



- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a probetas metálicas.
- c. Describa brevemente el comportamiento observado de cada una de las probetas desde el inicio de la carga hasta la falla.
- 2. Ensayo Estándar**  
Describa brevemente el ensayo estándar para la determinación de la curva real  $\sigma$ - $\epsilon$  de un acero y su módulo de elasticidad (norma NTC-02).
- 3. Curvas esfuerzo – deformación ( $\sigma$ - $\epsilon$ ):**
- a. A partir de las curvas carga – alargamiento obtenga la curva esfuerzo deformación ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) para cada probeta:
- b. Identificación de puntos característicos de la curva  $\sigma$ - $\epsilon$ :
- Metales: Límite de proporcionalidad, límite de elasticidad y punto de fluencia.  
Punto de inicio del endurecimiento.  
  
Punto de carga máxima.  
  
Punto de rotura de ingeniería.  
  
Punto de rotura real (tome el área real)
- c. Módulos de elasticidad:
- **Metales: Parte lineal de la gráfica  $\sigma$ - $\epsilon$ , identificar la parte elástica recta y calcular la pendiente.**
- 4. Análisis de resultados:**
- a. Dibuje todas las curvas  $\sigma$ - $\epsilon$  en una sola gráfica y nombre cada material de acuerdo a su especificación en resistencia (Ej.:  $f_y=240\text{MPa}$ ,  $f_y=420\text{Mpa}$ ).
- b. Observando la curva  $\sigma$ - $\epsilon$ , defina a su criterio un parámetro que mida la ductilidad en un material y determínelo para cada material. Clasifique materiales dúctiles y frágiles.
- c. Calcule la deformación permanente total de cada material  $\epsilon_{pT}$  de la curva esfuerzo deformación.
- d. Analice características de cada curva y compararlas con las demás. **Concluya.**
- 5. Energía de Deformación**  
Para cada curva  $\sigma$ - $\epsilon$  determine el módulo de Resiliencia y el módulo de Tenacidad. Compárela con las demás y concluya.
- 6. Errores cometidos:**  
Identificar errores cometidos durante el ensayo y sus implicaciones en la curva  $\sigma$ - $\epsilon$ . Qué importancia tiene en el ensayo la medición correcta de las deformaciones (uso del extensómetro de precisión).
- 7. Valores Típicos (libros de mecánica o resistencia de materiales):**  
Consulte los valores típicos de resistencia (punto de fluencia y esfuerzo máximo), ductilidad (elongación máxima) y módulo de elasticidad de cada material ensayado. Compare con los valores obtenidos en laboratorio. Concluya.

#### FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ICONTEC, 2018. NTC 2 ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS.



- Beer Ferdinand, Russell Johnston, DeWolf John, Mazurek David. Mecánica de materiales. 5 ed. México. McGraw-Hill. 2010.