

DISEÑO ESTRUCTURAL
GUADUA: UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS
SOCIAL RURAL EN LETICIA, AMAZONAS

Memoria de Cálculo Estructural

REVISIÓN: 0

REVISIONES:

| Revisión | Comentarios | Fecha |
|-----------------|---------------------------|----------------|
| 0 | Emisión para construcción | Mayo 5 de 2018 |
| | | |

RESPONSABLES DE LAS REVISIONES:

| Revisión | Elaborado por: | Aprobado por: |
|-----------------|-----------------------|----------------------|
| | Nombre / Firma | Nombre / Firma |
| 0 | | |
| | | |

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 4 |
| 2. Metodología..... | 4 |
| 3. Normas Técnicas..... | 4 |
| 3.1 Normas Nacionales..... | 4 |
| 3.2 Normas Locales..... | 4 |
| 4. Especificaciones de los Materiales para Diseño..... | 5 |
| 4.1 Guadua angustifolia Kunth..... | 5 |
| 5. Configuración geométrica..... | 5 |
| 6. Cargas..... | 8 |
| 6.1 Carga Muerta..... | 8 |
| 6.2 Carga Viva..... | 8 |
| 6.3 Carga de Sismo..... | 8 |
| 6.4 Carga de viento..... | 10 |
| 6.5 Combinaciones de carga..... | 12 |
| 7. Diseño estructural..... | 13 |
| 8. Diseño fundación..... | 18 |

1. Introducción

El presente documento describe el análisis, cálculo y diseño de estructura en guadua a utilizar en el proyecto “Guadua: una alternativa para la construcción de vivienda de interés social rural” localizado en la ciudad de Leticia en el departamento del Amazonas. La estructura está diseñada en pórticos de guadua y cumple con los lineamientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

2. Metodología

Para el completo desarrollo del siguiente documento, se procedió a seguir los lineamientos establecidos en la Tabla A.1.3-1 de la NSR-10, en donde se establece el adecuado procedimiento para el diseño estructural de edificaciones nuevas. Con este procedimiento como guía se procede a:

- Evaluar de manera detallada las cargas verticales (permanentes, transitorias y accidentales) y horizontales (aquellas que se presentarían como resultado de una excitación sísmica o por acción del viento).
- Analizar la estructura obtenida a partir de la geometría y cargas previamente definidas y tomando en consideración las diferentes condiciones y combinaciones establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10 (Ley 400 de 1997 – Decreto 926 del 19 de Marzo de 2010, Decreto 092 del 17 de Enero de 2011). Con el análisis se determinan el comportamiento mecánico de la estructura (desplazamientos, deformaciones, esfuerzos de flexión, corte, axial y torsión) al igual que las reacciones que se transmiten a la fundación.
- Estudiar los resultados de las diferentes solicitaciones y combinaciones para proceder luego con el diseño de los elementos estructurales.

3. Normas Técnicas

Para el diseño presente se siguieron los lineamientos y reglamentos de acuerdo a la normatividad y leyes vigentes en legislación colombiana.

3.1 Normas Nacionales

NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Ley 400 de 1997, Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, modificado por el Decreto 092 del 17 de Enero de 2011. Reglamento de vigencia en todo el territorio nacional.

3.2 Normas Locales

El municipio de Leticia no cuenta con microzonificación sísmica o normatividad local relacionada.

4. Especificaciones de los Materiales para Diseño

4.1 Guadua angustifolia Kunth

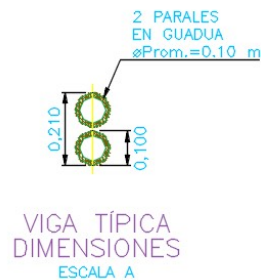
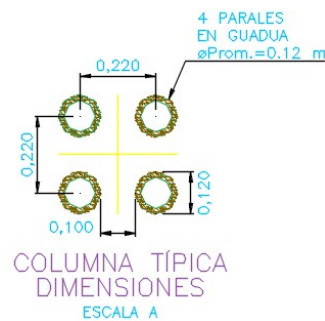
Donde se requiera el uso de elementos estructurales en guadua, se diseñarán con base en los estándares establecidos en el Título G del NSR-10. Estableciendo como parámetros mínimos de diseño las características citadas a continuación:

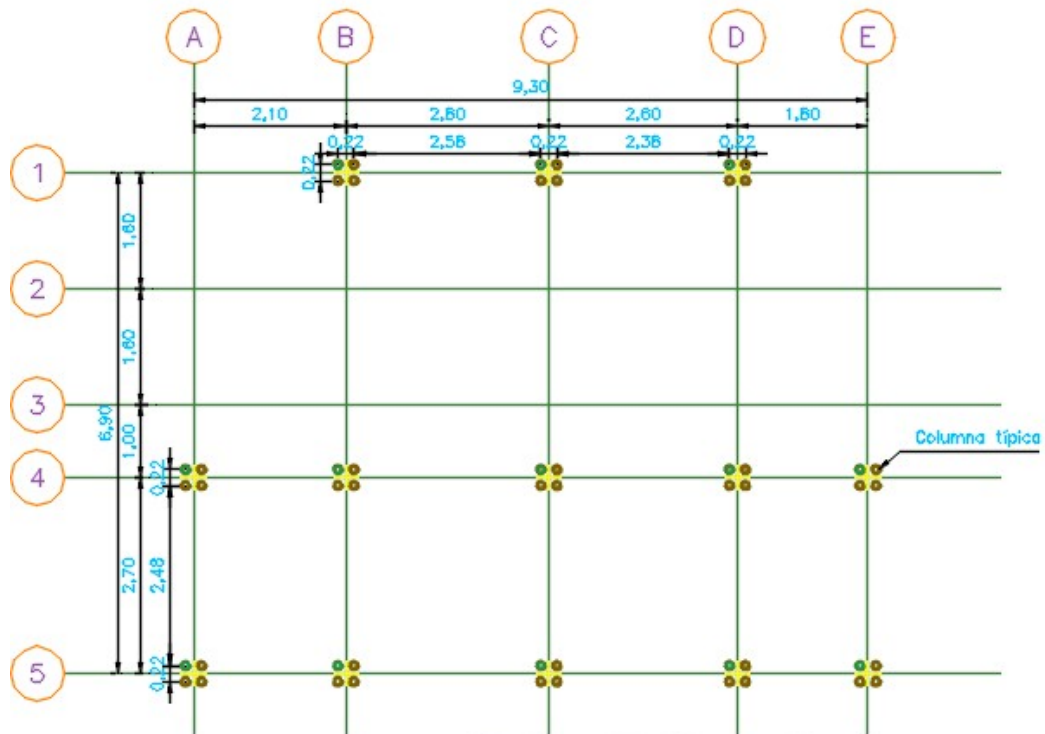
- Esfuerzo admisible a flexión: $Fb = 15,0 MPa$
- Esfuerzo admisible a tracción: $Ft = 18,0 MPa$
- Esfuerzo admisible a compresión paralela: $Fc = 18,0 MPa$
- Esfuerzo admisible a compresión perpendicular: $Fp = 1,4 MPa$
- Esfuerzo admisible a corte: $Fv = 1,2 MPa$
- Módulo de elasticidad promedio: $E_{0,5} = 9500,0 MPa$
- Módulo de elasticidad percentil 5%: $E_{0,05} = 7500,0 MPa$
- Módulo de elasticidad mínimo: $E_{min} = 4000,0 MPa$

5. Configuración geométrica

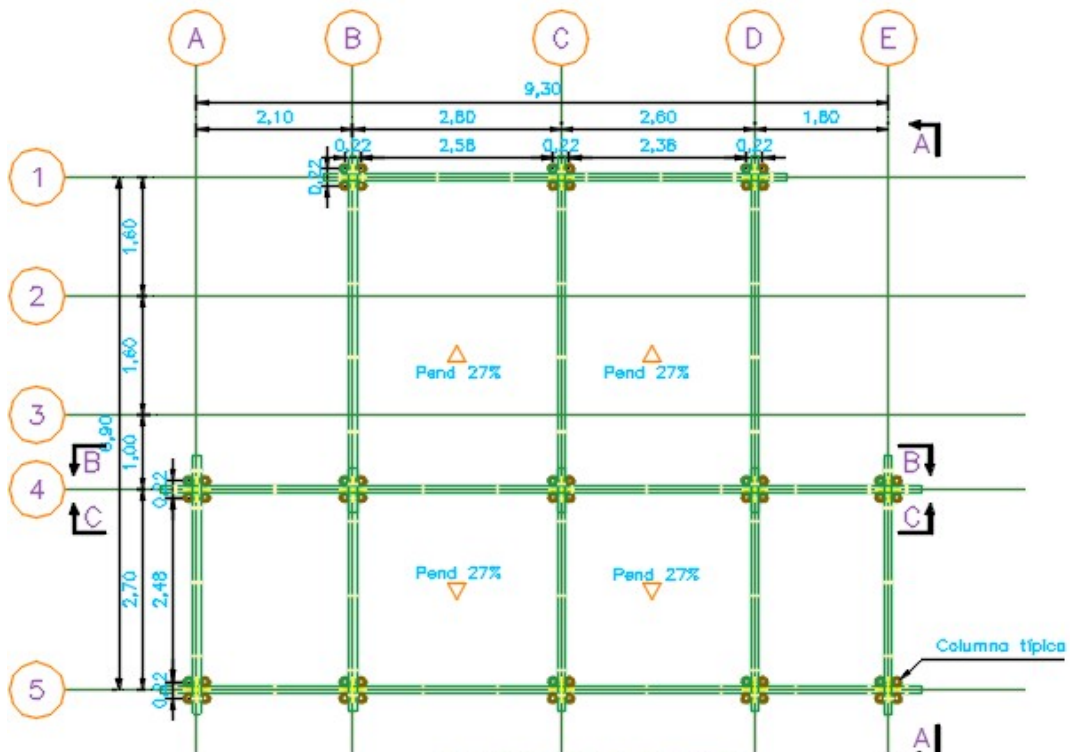
La estructura de la vivienda de interés social prioritario se ha proyectado en elementos de guadua rolliza. Son secciones compuestas por más de un elemento que se asocian por medio de varillas amarrando para trabajar en conjunto. Las columnas se conforman con 4 elementos separados entre sí por 10 cm con un área exterior de 34x34cm.

A continuación, se muestran imágenes de la definición de secciones de cada uno de los elementos.

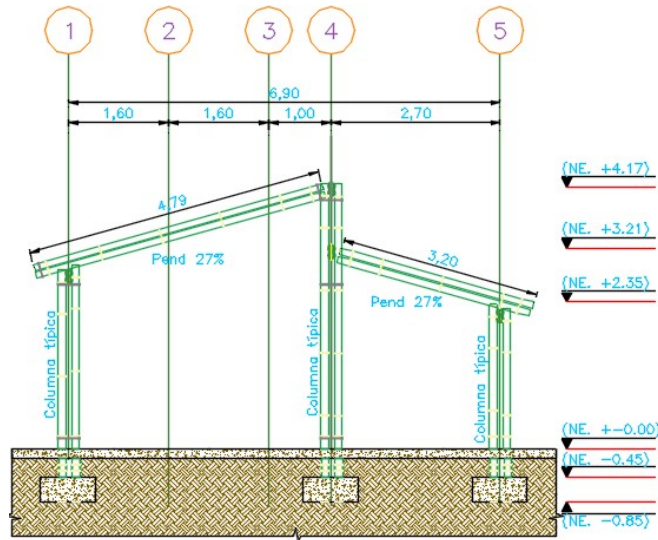




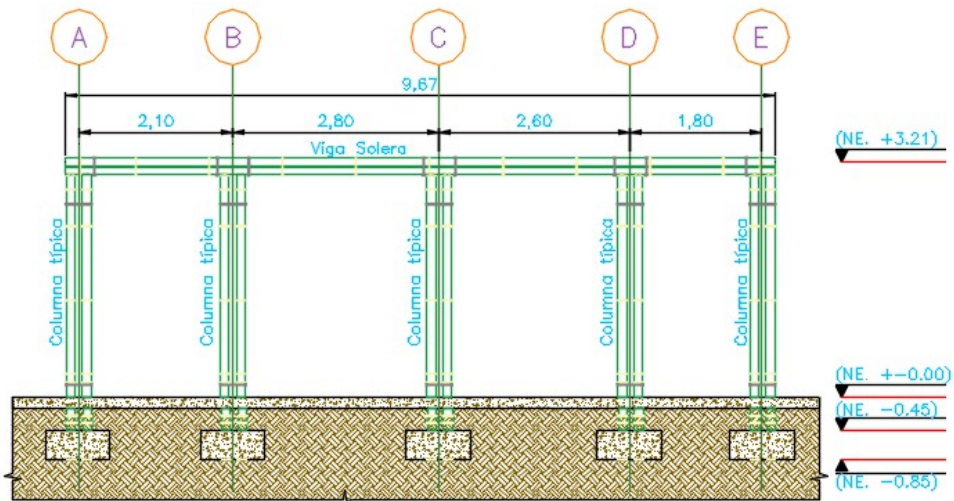
PLANTA GENERAL DE COLUMNAS
ESCALA A



PLANTA DE CUBIERTA
ESCALA A



CORTE A-A
ESCALA B



CORTE B-B
ESCALA B

6. Cargas

En esta sección se describen los diferentes tipos de cargas (fuerzas u otras solicitaciones) a los que se encuentra sometida la estructura del proyecto.

6.1 Carga Muerta

En esta sección se describen los diferentes tipos de cargas que se deben tener en cuenta para la revisión de este tipo de estructura, peso propio y acabados.

Losa de cubierta

| Elementos | Carga (KN/m ²) |
|--------------------|----------------------------|
| Teja termoacústica | 0,04 |

| Elementos estructurales | Carga (KN/m) | Cantidad (m) | Carga total (KN) | Carga Distribuida (KN/m ²) |
|-------------------------|--------------|--------------|------------------|--|
| Viga típica | 0,076 | 58,3 | 58,4 | 0,94 |
| Correas | 0,038 | 77,8 | 3,0 | 0,05 |
| Columna Típica | 0,152 | 43,1 | 6,5 | 0,11 |
| | | | | 1,09 |

6.2 Carga Viva

La carga viva corresponde a cargas gravitacionales que pueden variar durante la construcción, mantenimiento y operación de las estructuras, y que por ser de naturaleza variable, debe considerarse en el diseño su existencia con el fin de determinar las condiciones de diseño críticas. En este caso corresponde a la carga viva de cubierta.

| Tipo de cubierta | Carga (KN/m ²) |
|--|----------------------------|
| Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente | 0,35 |

6.3 Carga de Sismo

La Carga Sísmica fue evaluada con los parámetros, de acuerdo a lo establecido en el reglamento NSR-10 y la zona de localización del proyecto.

Ciudad : **Leticia**

Tipo de Perfil de Suelo : **C**

Grupo de Uso : **I**

Aa = 0,05

Fa = 1,20

I = 1,00

Av = 0,05

Fv = 1,70

Espectro de diseño

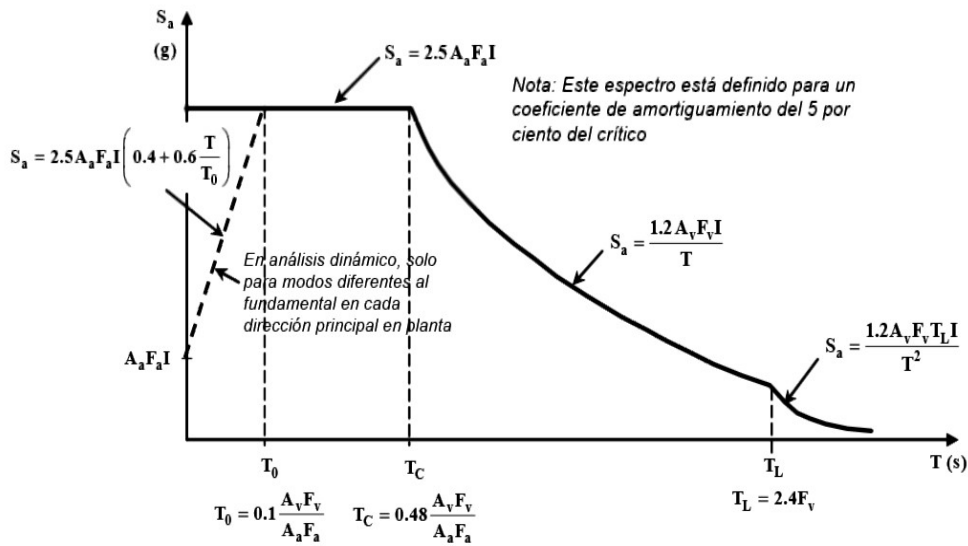
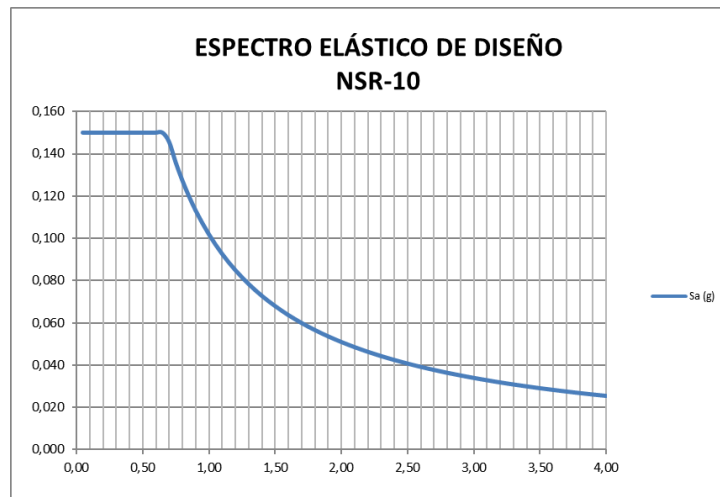


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g



6.4 Carga de viento

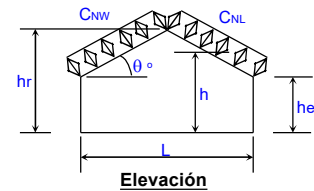
La Carga por viento para la zona de análisis corresponde a la velocidad básica del viento de 100km/h y fue evaluado de acuerdo a lo establecido en el reglamento NSR-10.

Cargas de viento

Método 2 - Procedimiento analítico

Datos de Entrada:

| | | |
|----------------------------------|--------|------------------------------|
| Velocidad del viento, V = | 100.00 | kph (Figura B.6.4.1, NSR-10) |
| Clasificación de la Estructura = | I | |
| Categoría de exposición, = | C | (Sección B.6.5.6.3, NSR-10) |
| Altura a cabellete, hr = | 3.30 | m |
| Altura a alero, hr = | 3.30 | m |
| Tipo de techo = | Plano | |
| Factor Topográfico, Kzt = | 1 | (Sección B.6.5.7.2, NSR-10) |
| Coefficiente de exposición, Kz = | 0.85 | (Tabla B.6.5-3, NSR-10) |
| Factor direccional, Kd = | 0.85 | (Tabla B.6.5-4, NSR-10) |
| Coefficiente de importancia, I = | 0.87 | (Tabla B.6.5-1, NSR-10) |



Parámetros y Coeficientes Resultantes:

| | | |
|---------------------------------|-------|--|
| Ángulo de la cubierta, ϕ = | 0.0 | grados |
| Altura media de cubierta., h = | 3.30 | m ($h=(hr+he)/2$, para ángulos >10 grados) |
| Velocidad del viento., V = | 27.78 | m/s |

Presión por Velocidad., $q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$ (Sección B.6.5.10, NSR-10)

$$q_h = q_z = 0.30 \text{ kN/m}^2 \quad \text{A la altura de la cubierta}$$

Factor de efecto de ráfaga.

$$G = 0.850 \text{ (Sección B.6.5.8, NSR-10)}$$

Presión de diseño

| Clasificación de cerramientos | GC _{pi} |
|---------------------------------|------------------|
| Edificios parcialmente cerrados | 0.55 |
| | -0.55 |

B.6.5.12.2.2 — Edificios Bajos — Alternativamente, las presiones de viento de diseño para el SPRFV en edificios bajos se determinarán mediante la ecuación:

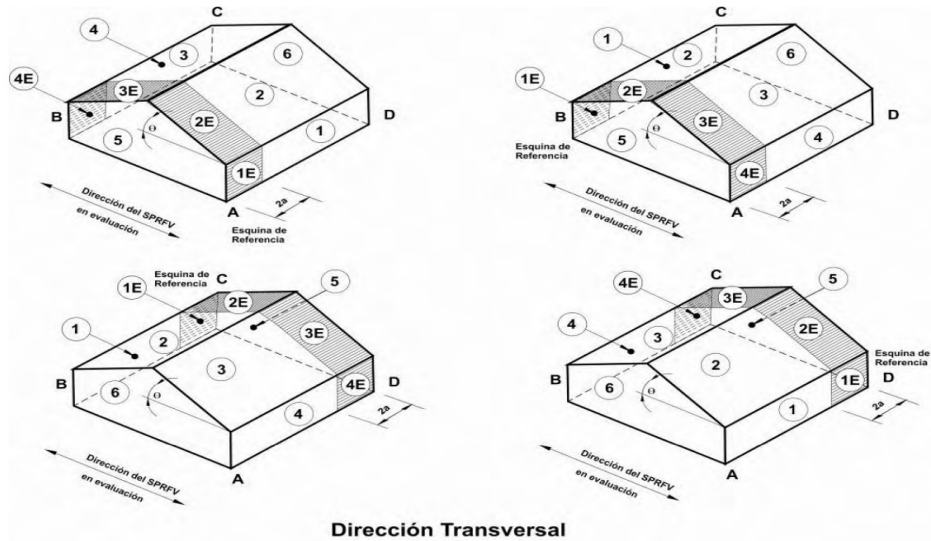
$$p = q_h \left[(GC_{pf}) - (GC_{pi}) \right] \text{ en (N/m}^2\text{)} \quad \text{(B.6.5-16)}$$

Donde:

q_h = presión por velocidad evaluada a la altura media de la cubierta, h usando la exposición definida en la sección B.6.5.6.3

GC_{pf} = coeficientes de presión externa de la Fig. B.6.5-7

GC_{pi} = coeficientes de presión interna de la Fig. B.6.5-2



Valores de GCPf

| Cubierta Ángulo θ (grados) | Superficie de la edificación | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1E | 2E | 3E | 4E |
| 0-5 | 0.40 | -0.69 | -0.37 | -0.29 | -0.45 | -0.45 | 0.61 | -1.07 | -0.53 | -0.43 |

| Zona | GCPf | GCPi 1 | GCPi 2 | P1 (kN/m2) | P2 (kN/m2) |
|------|-------|--------|--------|------------|------------|
| 1 | 0.40 | 0.55 | -0.55 | -0.04 | 0.28 |
| 2 | -0.69 | 0.55 | -0.55 | -0.37 | -0.04 |
| 3 | -0.37 | 0.55 | -0.55 | -0.27 | 0.05 |
| 4 | -0.29 | 0.55 | -0.55 | -0.25 | 0.08 |
| 5 | -0.45 | 0.55 | -0.55 | -0.30 | 0.03 |
| 6 | -0.45 | 0.55 | -0.55 | -0.30 | 0.03 |
| 1E | 0.61 | 0.55 | -0.55 | 0.02 | 0.34 |
| 2E | -1.07 | 0.55 | -0.55 | -0.48 | -0.15 |
| 3E | -0.53 | 0.55 | -0.55 | -0.32 | 0.01 |
| 4E | -0.43 | 0.55 | -0.55 | -0.29 | 0.04 |

Valores adoptados

| Zona | P (kN/m2) |
|--------------------|-----------|
| 1, 1E | 0.34 |
| 2, 2E | -0.48 |
| 3, 4, 5, 6, 3E, 4E | -0.32 |

| Zona | P definitivo (kN/m2) |
|---------------------------|----------------------|
| 1, 1E | 0.40 |
| 2, 2E, 3, 4, 5, 6, 3E, 4E | -0.48 |

6.5 Combinaciones de carga

IRREGULARIDADES EN PLANTA - (Ver tabla A.3-6 - NSR-10)

| PARAMETRO | Si | No |
|------------------------------------|----|----|
| Irregularidad Torsional | | x |
| Irregularidad Torsional Extrema | | x |
| Retrocesos en las Esquinas | x | |
| Discontinuidades en el Diafragma | | x |
| Desplazamiento del Plano de Acción | | x |
| Sistemas no Paralelos | | x |

| Factor de Reducción |
|---------------------|
| 0,9 |
| 0,8 |
| 0,9 |
| 0,9 |
| 0,8 |
| 0,9 |

$\phi_p = 0,9$

(Si existen varias irregularidades se escoge el menor valor de ϕ_p)

IRREGULARIDADES EN ALTURA - (Ver tabla A.3-7 - NSR-10)

| PARAMETRO | Si | No |
|---|----|----|
| Piso Flexible (Irregularidad en Rigidez) | | x |
| Piso Flexible (Irregularidad extrema en Rigidez) | | x |
| Distribución de Masas | | x |
| Geométrica | | x |
| Desplazamiento del Plano de Acción | | x |
| Piso Débil (Discontinuidad en la resistencia) | | x |
| Piso Débil (Discontinuidad extrema en la resistencia) | | x |

| Factor de Reducción |
|---------------------|
| 0,9 |
| 0,8 |
| 0,9 |
| 0,9 |
| 0,8 |
| 0,9 |
| 0,8 |

$\phi_a = 1,0$

(Si existen varias irregularidades se escoge el menor valor de ϕ_a)

AUSENCIA DE REDUNDANCIA - (Ver A.3.3.8 - NSR-10)

| PARAMETRO | Si | No |
|--|----|----|
| Ausencia de redundancia en el sistema sismo-resistente | | x |

| Factor de Reducción |
|---------------------|
| 0,75 |

$\phi_r = 1,00$

Factores - Resultado $F_x = 1,00$
 Análisis Sísmico $F_y = 1,00$

Combinaciones de Carga:

1.0. CHEQUEO DE LA DERIVA

| | | | |
|----|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 1,40 C.M. | | |
| 2 | 1,20 C.M. | + 1,60 C.V. | |
| 3 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | + 1,00 S.X. |
| 4 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | - 1,00 S.X. |
| 5 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | + 1,00 S.Y. |
| 6 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | - 1,00 S.Y. |
| 7 | 0,90 C.M. | | + 1,00 S.X. |
| 8 | 0,90 C.M. | | - 1,00 S.X. |
| 9 | 0,90 C.M. | | + 1,00 S.Y. |
| 10 | 0,90 C.M. | | - 1,00 S.Y. |

C.M. = Carga Muerta
 C.V. = Carga Viva
 S.X. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en X
 S.Y. = Fuerzas Sísmicas Elásticas en Y
 Wx = Carga de viento en X
 Wy = Carga de viento en Y

$R_o = 2,00$

$\phi_a = 1,00$
 $\phi_p = 0,90$
 $\phi_r = 1,00$

2.0. COMBINACIONES PARA VERIFICACION DE RESISTENCIA

| | | | | | |
|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| D1 | 1,40 C.M. | | | | |
| D2 | 1,20 C.M. | + 1,60 C.V. | | | |
| D3 | 1,20 C.M. | + 0,50 C.V. | | | |
| D4 | 1,20 C.M. | + 1,60 C.V. | | + 0,50 Wx | |
| D5 | 1,20 C.M. | + 1,60 C.V. | | | + 0,50 Wy |
| D6 | 1,20 C.M. | | | + 0,50 Wx | |
| D7 | 1,20 C.M. | | | | + 0,50 Wy |
| D8 | 1,20 C.M. | + 0,50 C.V. | | + 1,00 Wx | |
| D9 | 1,20 C.M. | + 0,50 C.V. | | | + 1,00 Wy |
| D10 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | + 0,56 S.X. | + 0,17 S.Y. | |
| D11 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | + 0,56 S.X. | -0,17 S.Y. | |
| D12 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | -0,56 S.X. | + 0,17 S.Y. | |
| D13 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | -0,56 S.X. | -0,17 S.Y. | |
| D14 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | + 0,17 S.X. | + 0,56 S.Y. | |
| D15 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | -0,17 S.X. | + 0,56 S.Y. | |
| D16 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | + 0,17 S.X. | -0,56 S.Y. | |
| D17 | 1,20 C.M. | + 1,00 C.V. | -0,17 S.X. | -0,56 S.Y. | |
| D18 | 0,90 C.M. | | | + 1,00 Wx | |
| D19 | 0,90 C.M. | | | | + 1,00 Wy |
| D20 | 0,90 C.M. | | + 0,56 S.X. | + 0,17 S.Y. | |
| D21 | 0,90 C.M. | | + 0,56 S.X. | -0,17 S.Y. | |
| D22 | 0,90 C.M. | | -0,56 S.X. | + 0,17 S.Y. | |
| D23 | 0,90 C.M. | | -0,56 S.X. | -0,17 S.Y. | |
| D24 | 0,90 C.M. | | + 0,17 S.X. | + 0,56 S.Y. | |
| D25 | 0,90 C.M. | | -0,17 S.X. | + 0,56 S.Y. | |
| D26 | 0,90 C.M. | | + 0,17 S.X. | -0,56 S.Y. | |
| D27 | 0,90 C.M. | | -0,17 S.X. | -0,56 S.Y. | |

R_x = 1,80
R_y = 1,80

R_{cx} = 1,80
R_{cy} = 1,80

7. Diseño estructural

A partir de las secciones y cargas previamente definidas se realiza la revisión de cada elemento de acuerdo a los parámetros de diseño definidos en la norma NSR-10.

Esfuerzos admisibles y modulo de elasticidad

Los grupos de madera estructural y en estado verde (CH>30%) que cumplan las normas de clasificación visual, utilizaran, para efectos de cálculo, los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad de las tablas G.2.1 y G.2.2 NRS-10

Tabla G.2.1
Esfuerzos Admisibles (MPa)

| GRUPO | F _b | F _t | F _c | F _p | F _v |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A | 21 | 14.5 | 14.5 | 4.0 | 1.5 |
| B | 15 | 10.5 | 11.0 | 2.8 | 1.2 |
| C | 10 | 7.5 | 8.0 | 1.5 | 0.8 |

Tabla G.2.2
Módulos de elasticidad longitudinal (MPa)

| GRUPO | E _{min} | E _{prom} |
|-------|------------------|-------------------|
| A | 9500 | 13000 |
| B | 7500 | 10000 |
| C | 5500 | 9000 |

Con base en los esfuerzos admisibles, afectados de los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón de tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de la carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinan las solicitaciones admisibles de cada miembro estructural, así:

$$F'_i = F_i C_d C_s C_f C_r C_m \dots$$

en donde i tiene el mismo significado del numeral anterior, y

- C_d = coeficiente de duración de la carga
- C_f = coeficiente de forma
- C_m = coeficiente de contenido de humedad
- C_r = coeficiente de redistribución de cargas (acción conjunta)
- C_s = coeficiente de modificación por esbeltez
- F_i = esfuerzo admisible para la solicitación i
- F'_i = esfuerzo admisible modificado para la solicitación i

Por duración de la carga: Cuando un elemento esta sometido a esfuerzos máximos admisibles durante mas de 10 años los valores de estos esfuerzos deberán reducirse al 90% ($C_d=0,90$)

Por contenido de humedad:

$$C_m = \frac{P_s}{F_i} \left(\frac{P_s}{P_v} \right)^{-k}$$

$$k = \frac{CH - CHS}{PSH - CHS}$$

en donde:

- C_m = coeficiente de contenido de humedad
- CH = contenido de humedad
- CHS = contenido de humedad en estado seco (12% generalmente)
- F_i = esfuerzo admisible para la solicitación i
- P_s = valor de la propiedad a un CHS
- P_v = valor de la propiedad en estado verde
- PSH = contenido de humedad en el PSF (punto de saturación de las fibras); 30% de CH aproximadamente

Como alternativa se podrá utilizar la tabla G.2.3. Los porcentajes de variación unitaria entre el 10% y el 30% de CH indicados en la tabla G.2.3, fueron deducidos especialmente para maderas latifoliadas por el PADT-REFORT.

Tabla G.2.3
Variación de las propiedades mecánicas para una variación unitaria en el contenido de humedad

| Propiedad | % de variación |
|-----------------------|----------------|
| Compresión paralela | 4.6 |
| Tensión paralela | 3 |
| Corte | 3 |
| Flexión | 4 |
| Módulo de elasticidad | 2 |

Por acción conjunta: Los esfuerzos admisibles podrán aumentarse en un 10% cuando exista acción conjunta garantizada de cuatro o mas elementos de igual rigidez. ($C_r=1.10$)

Elementos sometidos a tensión axial

$$N = F_t' A_n$$

en donde:

- A_n = área neta del elemento
- F_t' = esfuerzo de tensión admisible, modificado

Elementos sometidos a compresión axial

$$\lambda = \frac{\ell_e}{d}$$

en donde:

- d = dimensión de la sección transversal en la dirección considerada
- ℓ_e = longitud efectiva de la columna en la dirección considerada

El cálculo se hará para las dos direcciones principales y se utilizará el λ mayor.

La longitud efectiva puede calcularse con la fórmula

$$\ell_e = \ell_u k$$

en donde:

- k = coeficiente de longitud efectiva, según lo determinado en la tabla G.4.1
- ℓ_u = longitud no soportada lateralmente de la columna

En ningún caso se tomará una longitud efectiva menor que la longitud real no arriostrada.

Tabla G.4.1
Longitud Efectiva de Columnas ℓ_e

| Condición de los Apoyos | k |
|--|-----|
| Ambos extremos articulados | 1.0 |
| Un extremo empotrado y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento | 1.2 |
| Un extremo empotrado y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazamiento | 1.5 |
| Un extremo articulado y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento | 2.0 |

Diseño de elementos solicitados por flexión

Coficiente de tamaño: Para elementos de sección circular mayor a 350mm de diámetro, se debe calcular este coeficiente, basado en una sección rectangular equivalente.

$$C_F = \left(\frac{300}{h} \right)^{1/9}$$

en donde:

- C_F = coeficiente de modificación por tamaño
 h = altura de la viga en mm

Coeficiente de forma: Se aplica al esfuerzo admisible

| Sección de la viga | C_f |
|----------------------------------|--|
| Circular | 1.180 |
| Cuadrada (con diagonal vertical) | 1.414 |
| Vigas cajón y vigas I | $0.81 \left[1 + \left(\frac{h^2 + 92300}{h^2 + 56800} - 1 \right) g \right]$ |

en donde:

- C_f = coeficiente de forma
 g = coeficiente de soporte = $p^2(6 - 8p + 3p^2)(1 - q) + q$
 h = altura de la viga en mm
 p = relación entre la altura de la aleta a compresión y la altura total de la viga
 q = relación entre el espesor del nervio o nervios y el ancho total de la viga

El coeficiente C_f no debe acumularse con el coeficiente de tamaño C_F .

Coeficiente de esbeltez:

$$C_{sv} = \sqrt{\frac{\ell_e h}{b^2}}$$

en donde:

- C_{sv} = parámetro que mide la esbeltez de una viga
 b = ancho de la viga en mm
 h = altura de la viga en mm
 ℓ_e = longitud efectiva de la viga en mm

El cálculo de ℓ_e se efectúa según la tabla G.3-1, en donde ℓ_u es la longitud entre soportes laterales de la viga.

Tabla G.3.1
Longitud efectiva de vigas ℓ_e (mm)

| | |
|---|---------------|
| Viga simplemente apoyada de una luz, carga concentrada en el centro | 1.61 ℓ_u |
| Viga simplemente apoyada de una luz, carga uniformemente repartida | 1.92 ℓ_u |
| Viga simplemente apoyada de una luz, momentos iguales en los extremos | 1.84 ℓ_u |
| Viga en voladizo, carga concentrada en el extremo | 1.69 ℓ_u |
| Viga en voladizo, carga uniformemente repartida | 1.06 ℓ_u |
| Viga simplemente apoyada de una luz o viga en voladizo, cualquier tipo de carga | 1.92 ℓ_u |

ℓ_u = longitud no soportada lateralmente, en mm

En vigas cortas, donde $0 < C_{sv} < 10$

$$C_s = 1.0$$

En vigas intermedias, donde $10 < C_{sv} < C_k$,

$$C_s = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{C_{sv}}{C_k} \right)^4$$

$$C_k = \sqrt{\frac{3E}{5F_b}}$$

En vigas largas, donde $C_k < C_{sv} < 50$,

$$C_s = \frac{0.4E}{F_b C_{sv}^2}$$

En ningún caso se permitirá $C_{sv} > 50$

$$F'_b = C_s F_b \quad (\text{G.3-7})$$

En las fórmulas anteriores:

- C_k = parámetro de comparación para obtener el esfuerzo admisible modificado a flexión
- C_s = coeficiente de modificación por esbeltez
- E = módulo de elasticidad
- F_b = esfuerzo admisible a flexión
- F'_b = esfuerzo admisible modificado a flexión

Cortante: la fuerza cortante admisible paralela a las fibras en vigas de sección circular se calculará por la

$$V = \frac{3}{4} F'_v \pi r^2$$

formula

Aplastamiento: las fuerzas admisibles de aplastamiento en los apoyos se calcularán con la formula

$$N = F'_p A \quad (\text{G.3-15})$$

en donde, F'_p es el esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra, modificado, en MPa.

Deflexiones:

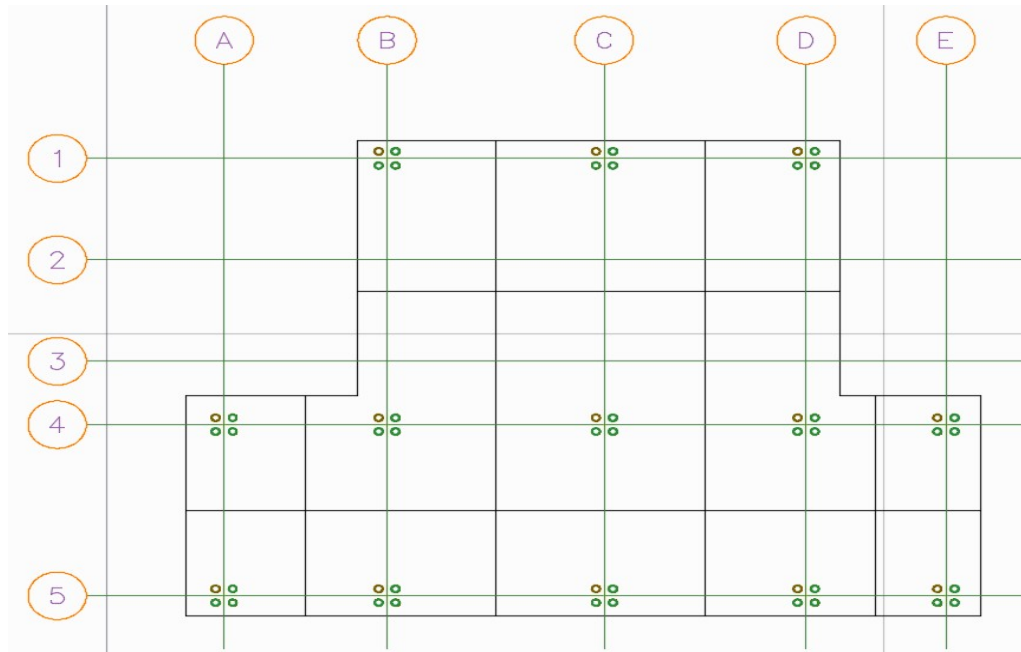
Tabla G.3.2
Deflexiones admisibles Δ en vigas (mm)

| Descripción | Cargas vivas | Cargas totales |
|--|--------------------|--------------------|
| Cielos rasos de pañete o yeso | - | $\frac{\ell}{300}$ |
| Otros cielos rasos | - | $\frac{\ell}{250}$ |
| Techos inclinados y edificaciones industriales | - | $\frac{\ell}{200}$ |
| Todo tipo de edificación | $\frac{\ell}{350}$ | - |

en donde, ℓ es la luz entre caras de apoyos o la distancia de la cara del apoyo al extremo, en el caso de voladizos.

8. Diseño fundación

| Nodo | EJE | | Area m ² | Cargas Muertas | | Cargas Vivas | | QT | QT | ZAPATA |
|------|-----|---|------------------------|-------------------|-------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|--------|
| | | | | KN/m ² | KN | KN/m ² | KN | KN | Ton | TIPO |
| 1 | 1 | B | 4,23 | 1,09 | 4,6 | 0,35 | 1,5 | 6,1 | 0,6 | 1 |
| 2 | 1 | C | 6,41 | 1,09 | 7,0 | 1,35 | 8,7 | 15,6 | 1,6 | 1 |
| 3 | 1 | D | 4,23 | 1,09 | 4,6 | 2,35 | 9,9 | 14,6 | 1,5 | 1 |
| 4 | 4 | A | 2,77 | 1,09 | 3,0 | 3,35 | 9,3 | 12,3 | 1,3 | 1 |
| 5 | 4 | B | 7,35 | 1,09 | 8,0 | 4,35 | 32,0 | 40,0 | 4,1 | 1 |
| 6 | 4 | C | 9,31 | 1,09 | 10,1 | 5,35 | 49,8 | 60,0 | 6,1 | 1 |
| 7 | 4 | D | 7,35 | 1,09 | 8,0 | 6,35 | 46,7 | 54,7 | 5,6 | 1 |
| 8 | 4 | E | 2,77 | 1,09 | 3,0 | 7,35 | 20,4 | 23,4 | 2,4 | 1 |
| 9 | 5 | A | 2,56 | 1,09 | 2,8 | 8,35 | 21,4 | 24,2 | 2,5 | 1 |
| 10 | 5 | B | 4,09 | 1,09 | 4,5 | 9,35 | 38,2 | 42,7 | 4,4 | 1 |
| 11 | 5 | C | 4,51 | 1,09 | 4,9 | 10,35 | 46,7 | 51,6 | 5,3 | 1 |
| 12 | 5 | D | 4,09 | 1,09 | 4,5 | 11,35 | 46,4 | 50,9 | 5,2 | 1 |
| 13 | 5 | E | 2,56 | 1,09 | 2,8 | 12,35 | 31,6 | 34,4 | 3,5 | 1 |
| | | | 62,2 | | 67,8 | | 362,5 | 430,3 | 43,9 | |



DISEÑO DE ZAPATA CUADRADA CONCENTRICA PARA COLUMNA GUADUA

TIPO: 1

CANT: 13

| | | | | | |
|-------------------------------|--------|---|------|-------------------|---------------------------|
| Dimension de la Zapata (m) | 0,90 | x | 0,90 | Materiales | |
| Dimension de la Columna (m) | 0,34 | x | 0,34 | Concreto | 210 kg / cm ² |
| Acartelamiento | 0,00 m | | | Acero | 4200 kg / cm ² |
| Altura de la zapata | 0,30 m | | | | |

Carga Real de la Columna P = 6,7 T

Presion Admisible: 10,00 T / m² Supuesto

Presion Neta: $\sigma = 8,30 \text{ T / m}^2$ OK

De acuerdo a C.15.4.4.1, el refuerzo en la dirección larga debe distribuirse uniformemente en el ancho de la zapata

1. Flexión en el sentido largo: M = 0,3 T*m / m Factor de Mayoración 1,3
 Mu = 0,4 T*m / m

h = 30 cm
 d = 22 cm

Cuantia = 0,0002 (Analisis)
 Cuantia = 0,0018 (Mínima sobre la sección bruta de concreto)

Armadura Principal **TOTAL** As = 4,86 cm²

Colocar : 4 #4 L= 1,05 cl. 25,0 en el sentido largo

2. Flexión en el sentido corto:

$$M = 0,3 \text{ T*m / m}$$

$$\mu = 0,4 \text{ T*m / m}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$d = 22 \text{ cm}$$

Factor de Mayoración **1,3**

$$\text{Cuantia} = 0,0002 \text{ (Analisis)}$$

$$\text{Cuantia} = 0,0018 \text{ (Mínima sobre la sección bruta de concreto)}$$

Armadura Principal **TOTAL** $As = 4,86 \text{ cm}^2$

De acuerdo a C.15.4.4.2, el refuerzo en la dirección corta se debe distribuir en dos franjas, la franja central cuyo ancho debe ser igual al lado corto de la zapata, donde se debe colocar $\gamma_s * As$, y el restante en los dos extremos de la zapata, donde se debe colocar $(1-\gamma_s) * As$

$$\gamma_s = 2/(\beta+1)$$

$$\beta = 1,00$$

$$\gamma_s = 1,00$$

por lo cual en la franja central se debe colocar:

$$\gamma_s * As = 4,86 \text{ cm}^2$$

Colocar : 4 #4 L= 1,05 c/. 25,0
en el sentido corto en la franja central

en las franjas laterales se debe colocar

$$(1-\gamma_s) * As = 0,00 \text{ cm}^2$$

Colocar en cada franja lateral: 0 #4 L= 1,05
en el sentido corto en las franjas laterales

Cortante sentido largo: **1.** $V (d/2) = 1,03 \text{ T}$

$$V_u = 1,34 \text{ T}$$

a "d/2" del borde de la columna:

$$d = 0,22 \text{ m}$$

$$b = 0,56 \text{ m}$$

$$v_u = 1,09 \text{ kg/cm}^2$$

De acuerdo a C.11.11.2.1 ϕ_{vc} es el menor de:

(a) $\phi_{vc1} = 17,28 \text{ kg/cm}^2$

(b) La columna es: **interior**

$$\alpha_s = 40,00$$

$$b_o = 224,00 \text{ cm}$$

$$\phi_{vc2} = 17,40$$

ó (c) $\phi_{vc3} = 10,87 \text{ kg/cm}^2$

por lo cual $\phi_{vc \text{ def}} = 10,87 \text{ kg/cm}^2$ OK

2. $V (d) = 0,45 \text{ T}$

$$V_u = 0,58 \text{ T}$$

a "d" del borde de la columna: $d = 0,22 \text{ m}$

$$v_u = 0,29 \text{ kg/cm}^2$$

De acuerdo a C.11.2.1.1 ϕ_{vc} es:

$$\phi_{vc} = 5,76 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Cortante sentido corto: **1.** $V (d/2) = 1,03 \text{ T}$

$$V_u = 1,34 \text{ T}$$

a "d/2" del borde de la columna: $d = 0,22 \text{ m}$

$$b = 0,56 \text{ m}$$

$$v_u = 1,09 \text{ kg/cm}^2$$

De acuerdo a C.11.11.2.1 ϕ_{vc} es el menor de:

$$(a) \phi_{vc1} = 17,28 \text{ kg/cm}^2$$

(b) La columna es: interior

$$\alpha_s = 40,00$$

$$b_o = 224,00 \text{ cm}$$

$$\phi_{vc2} = 17,40$$

$$\text{ó (c) } \phi_{vc3} = 10,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{por lo cual } \phi_{vc \text{ def}} = 10,87 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$2. \quad V(d) = 0,45 \text{ T}$$

$$V_u = 0,58 \text{ T}$$

$$\text{a "d" del borde de la columna: } d = 0,22 \text{ m}$$

$$v_u = 0,29 \text{ kg/cm}^2$$

De acuerdo a C.11.2.1.1 ϕ_{vc} es:

$$\phi_{vc} = 5,76 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

Transmisión de esfuerzos de la columna a la zapata:

$$\text{Presión Producida: } 0,008 \text{ T/cm}^2$$

De acuerdo a C.10.14.1 la resistencia al aplastamiento:

$$A1 = 0,1156 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Presión Maxima: } 0,232 \text{ T/cm}^2 \quad \text{OK}$$

Longitud de desarrollo mínima L_{db} , de acuerdo con C.12.3.2 es el mayor entre:

Refuerzo de la columna: #4

$$d_b = 1,27 \text{ cm}$$

$$\text{El mayor entre } L_{db} = 27,6 \text{ cm}$$

$$\text{ó } L_{db} = 23,5 \quad \text{OK}$$