Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '6.609 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones persistentes o transitorias".

Se debe satisfacer:

η : ***0.236*** ✓

Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. **P_u** : *0.00* kN

M_u: Momento de cálculo de primer orden. **$M_{u,x}$** : *-14.36* kN·m

$M_{u,y}$: *0.00* kN·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot$**P_n**: Axil de agotamiento. **$\phi \cdot P_n$** : *0.00* kN

$\phi \cdot$**M_n**: Momentos de agotamiento. **$\phi \cdot M_{n,x}$** : *-60.82* kN·m

$\phi \cdot M_{n,y}$: *0.00* kN·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

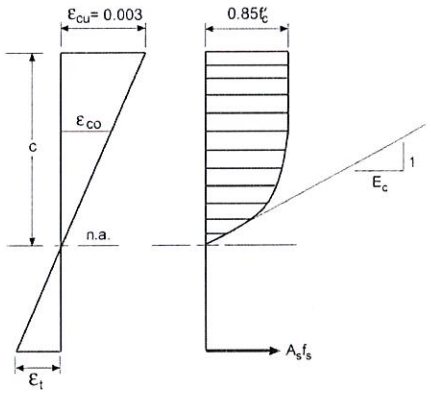
(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

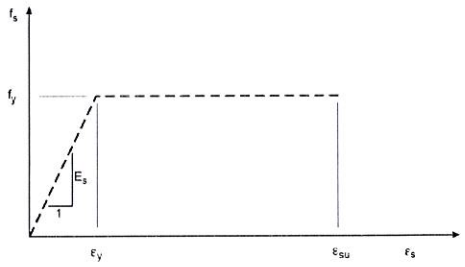


f'c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. **f'c** : *23.54* MPa

εcu: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. **εcu** : *0.0030*

εc0: Deformación unitaria bajo carga máxima. **εc0** : *0.0020*

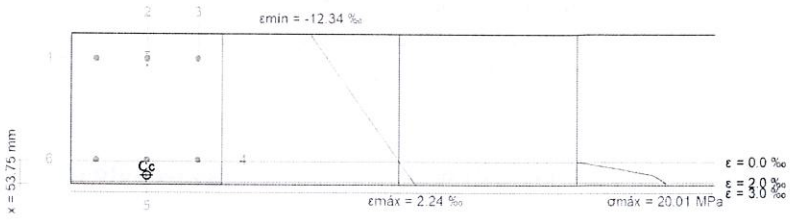
Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



fy: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. **fy** : *412.02* MPa

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø5/8"	-117.54	117.54	-412.02	-0.009950
2	Ø5/8"	0.00	117.54	-412.02	-0.009950
3	Ø5/8"	117.54	117.54	-412.02	-0.009950
4	Ø5/8"	117.54	-117.54	-30.92	-0.000155
5	Ø5/8"	0.00	-117.54	-30.92	-0.000155
6	Ø5/8"	-117.54	-117.54	-30.92	-0.000155

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	264.44	0.00	-154.43
Cs	0.00	0.00	0.00
T	264.44	0.00	101.13

P_n : *0.00* kN

$M_{n,x}$: *-67.58* kN·m

$M_{n,y}$: *0.00* kN·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. C_c : *264.44* kN

C_s: Resultante de compresiones en el acero. C_s : *0.00* kN

T: Resultante de tracciones en el acero. T : *264.44* kN

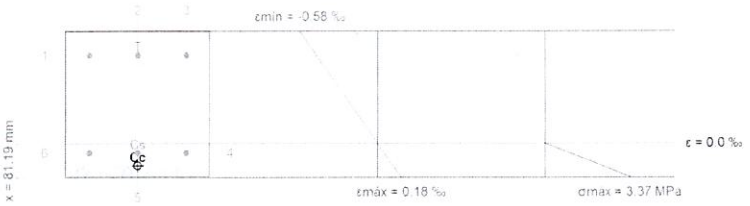
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. $e_{cc,x}$: *0.00* mm; $e_{cc,y}$: *-154.43* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. e_{cs} : *0.00* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$:	*0.00* mm
	$e_{T,y}$:	*101.13* mm
ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ε_{cmax} :	*0.0022*
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	ε_{smax} :	*0.0099*
σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} :	*20.01* MPa
σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} :	*412.02* MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø5/8"	-117.54	117.54	-91.82	-0.000459
2	Ø5/8"	0.00	117.54	-91.82	-0.000459
3	Ø5/8"	117.54	117.54	-91.82	-0.000459
4	Ø5/8"	117.54	-117.54	+10.31	+0.000052
5	Ø5/8"	0.00	-117.54	+10.31	+0.000052
6	Ø5/8"	-117.54	-117.54	+10.31	+0.000052

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	48.66	0.00	-147.73
Cs	6.15	0.00	-117.54
T	54.82	0.00	117.54

P_u : *0.00* kN

$M_{u,x}$: *-14.36* kN·m

$M_{u,y}$: *0.00* kN·m

Donde:

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	**C_c** :	*48.66*	kN
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	**C_s** :	*6.15*	kN
T: Resultante de tracciones en el acero.	**T** :	*54.82*	kN
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	**$e_{cc,x}$** :	*0.00*	mm
	$e_{cc,y}$:	*-147.73*	mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	**$e_{cs,x}$** :	*0.00*	mm
	$e_{cs,y}$:	*-117.54*	mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	**$e_{T,x}$** :	*0.00*	mm
	$e_{T,y}$:	*117.54*	mm
ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ε_{cmax} :	*0.0002*	
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	ε_{smax} :	*0.0005*	
σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} :	*3.37*	MPa
σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} :	*91.82*	MPa

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)

(NSR-10, Título C, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '6.609 m', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos mínimos en situaciones sísmicas".

Se debe satisfacer:

η : ***0.308*** ✓

Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo.	**P_u** :	*0.00*	kN
M_u: Momento de cálculo de primer orden.	**$M_{u,x}$** :	*-18.71*	kN·m
	$M_{u,y}$:	*0.00*	kN·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento.	**$\phi \cdot P_n$** :	*0.00*	kN
$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.	**$\phi \cdot M_{n,x}$** :	*-60.82*	kN·m
	$\phi \cdot M_{n,y}$:	*0.00*	kN·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

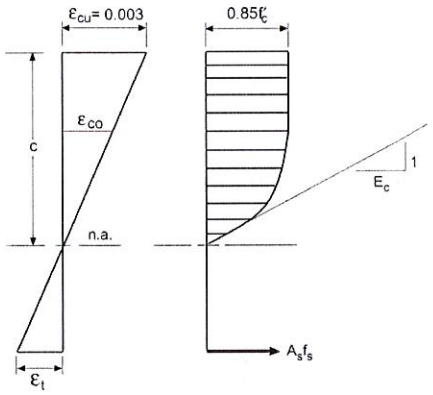
(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



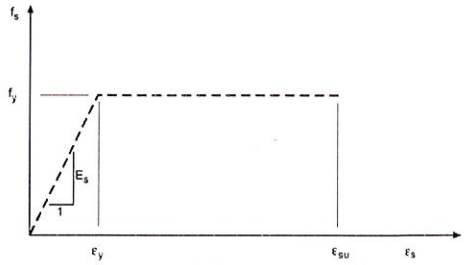
f'c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. **f'c** : *23.54* MPa

εcu: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. **εcu** : *0.0030*

εc0: Deformación unitaria bajo carga máxima. **εc0** : *0.0020*

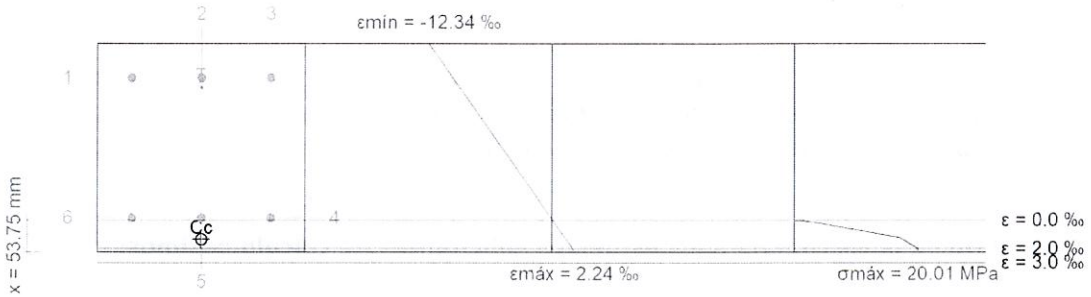
Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN



f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. f_y : *412.02* MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø5/8"	-117.54	117.54	-412.02	-0.009950
2	Ø5/8"	0.00	117.54	-412.02	-0.009950
3	Ø5/8"	117.54	117.54	-412.02	-0.009950
4	Ø5/8"	117.54	-117.54	-30.92	-0.000155
5	Ø5/8"	0.00	-117.54	-30.92	-0.000155
6	Ø5/8"	-117.54	-117.54	-30.92	-0.000155

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	264.44	0.00	-154.43
Cs	0.00	0.00	0.00
T	264.44	0.00	101.13

P_n : *0.00* kN

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

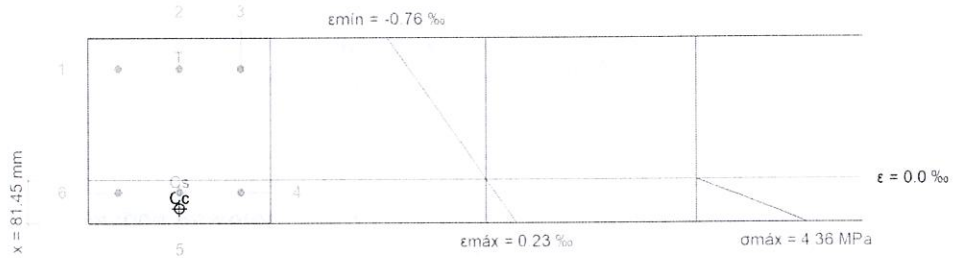
$M_{n,x}$: *-67.58* kN·m

$M_{n,y}$: *0.00* kN·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	C_c : *264.44*	kN
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s : *0.00*	kN
T: Resultante de tracciones en el acero.	T : *264.44*	kN
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$: *0.00*	mm
	$e_{cc,y}$: *-154.43*	mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	e_{cs} : *0.00*	mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$: *0.00*	mm
	$e_{T,y}$: *101.13*	mm
ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ε_{cmax} : *0.0022*	
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	ε_{smax} : *0.0099*	
σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} : *20.01*	MPa
σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} : *412.02*	MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø5/8"	-117.54	117.54	-119.77	-0.000599
2	Ø5/8"	0.00	117.54	-119.77	-0.000599
3	Ø5/8"	117.54	117.54	-119.77	-0.000599
4	Ø5/8"	117.54	-117.54	+13.61	+0.000068
5	Ø5/8"	0.00	-117.54	+13.61	+0.000068
6	Ø5/8"	-117.54	-117.54	+13.61	+0.000068

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	63.37	0.00	-147.58
Cs	8.13	0.00	-117.54
T	71.50	0.00	117.54

P_u : *0.00* kN

$M_{u,x}$: *-18.71* kN·m

$M_{u,y}$: *0.00* kN·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	C_c : *63.37* kN
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s : *8.13* kN
T: Resultante de tracciones en el acero.	T : *71.50* kN
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$: *0.00* mm $e_{cc,y}$: *-147.58* mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cs,x}$: *0.00* mm $e_{cs,y}$: *-117.54* mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$: *0.00* mm $e_{T,y}$: *117.54* mm
ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ε_{cmax} : *0.0002*
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	ε_{smax} : *0.0006*
σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} : *4.36* MPa
σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} : *119.77* MPa

Criterios de diseño por sismo (NSR-10, Rubro C.21)

El ancho del elemento, b_w, no debe ser menor que 200 mm (Artículo C.21.3.4.1).

350 mm ≥ 200 mm ✓

Debe haber, al menos, dos barras con diámetro igual o superior a Nº 4 (1/2"), o 12M (12 mm) (Artículo C.21.3.4.3).

16 mm ≥ 12 mm ✓

En cualquier sección de un elemento a flexión, la cuantía de refuerzo, tanto superior como inferior, no debe exceder 0,025 (Artículo C.21.3.4.3).

0.010 ≤ 0.025 ✓

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

En cualquier sección de un elemento a flexión, la cuantía de refuerzo, tanto superior como inferior, no debe exceder 0,025 (Artículo C.21.3.4.3).

0.005 ≤ 0.025 ✓

Debe haber, al menos, dos barras continuas a lo largo de la longitud del elemento (Artículo C.21.3.4.3).

3 ≥ 2 ✓

Deben colocarse estribos espaciados a no mas de d/2 en toda la longitud del elemento (Artículo C.21.3.4.8).

140 mm ≤ 150 mm ✓

Donde:

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. **d** : *293* mm

La resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección, a lo largo de la longitud del elemento, no debe ser menor que un quinto de la resistencia a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos (Artículo C.21.3.4.4).

61917984 N·mm ≥ 13515630 N·mm ✓

Donde:

Ø·$M_{n,pos}$: Resistencia a momento positivo. **Ø·$M_{n,pos}$** : *61917984* N·mm

Ø·$M_{n,a,neg}$: Resistencia a momento negativo en la cara de cualquiera de los nudos. **Ø·$M_{n,a,neg}$** : *67578152* N·mm

La resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección, a lo largo de la longitud del elemento, no debe ser menor que un quinto de la resistencia a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos (Artículo C.21.3.4.4).

77880045 N·mm ≥ 13515630 N·mm ✓

Donde:

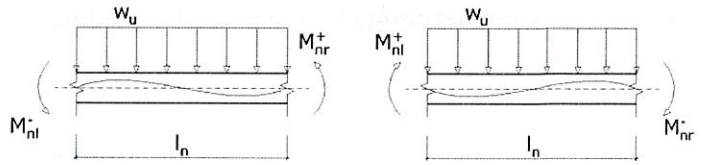
Ø·$M_{n,neg}$: Resistencia a momento negativo. **Ø·$M_{n,neg}$** : *77880045* N·mm

Ø·$M_{n,a,neg}$: Resistencia a momento negativo en la cara de cualquiera de los nudos. **Ø·$M_{n,a,neg}$** : *67578152* N·mm

Cortante de diseño para vigas. (NSR-10, Título C)

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

El $\phi \cdot V_n$ de vigas que resisten efectos sísmicos, E, no debe ser menor que el menor de (a) y (b) (Artículo 21.3.3.1):
(a) La suma del cortante debido a flexión en curvatura inversa asociado con el desarrollo de los momentos nominales de la viga en cada extremo restringido de la luz libre y el cortante calculado para cargas gravitacionales mayoradas.



Se debe satisfacer:

25.11 t ≥ 3.07 t ✓

Donde:

ϕ: Factor de reducción de resistencia	ϕ : *0.75*
V_n: Resistencia nominal a cortante.	**V_n** : *33.48* t
V_e: Fuerza cortante de diseño, obtenida como el máximo entre V_{e1},V_{e2}.	**V_e** : *3.07* t
	V_{e1} : *3.07* t
	V_{e2} : *3.07* t

Siendo:

w_u: Carga mayorada por unidad de longitud de viga.	**w_u** : *0.31* t/m
l_n: Luz libre medida entre caras de los apoyos.	**l_n** : *6.91* m
M_n: Momentos nominales del elemento en cada extremo.	**M_{nl}^+** : *6.89* t·m
	M_{nl}^- : *6.89* t·m
	M_{nr}^+ : *6.89* t·m
	M_{nr}^- : *6.89* t·m

(b) El cortante máximo de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E, considerando E como el doble del prescrito por el reglamento general legalmente adoptado para el diseño sísmico vigente.

25.11 t ≥ 1.72 t ✓

Donde:

ϕ: Factor de reducción de resistencia.	ϕ : *0.75*
V_n: Resistencia nominal a cortante.	**V_n** : *33.48* t

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

V_E: El cortante máximo de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E, considerando E como el doble del prescrito por el reglamento general legalmente adoptado para el diseño sísmico vigente. **V_E** : *1.72* t

COMPROBACIÓN DE FISURACIÓN
V-309: C26 - C25

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior (NSR-10, Título C, Artículo 10.6.4)

Se debe satisfacer:

117.54 mm ≤ 1262.14 mm ✓

La separación entre barras más restrictiva se produce en el nudo C25, para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = -117.54 mm, Y = 117.54 mm.

Donde:

s: Separación entre barras. **s** : *117.54* mm

s_{max}: Separación máxima permitida entre barras, calculada como el menor de los siguientes valores: **s_{max}** : *1262.14* mm

s_1 : *1474.95* mm

s_2 : *1262.14* mm

Siendo:

f_s: [MPa] Tensión de tracción de la barra. **f_s** : *66.55* MPa

C_c: Distancia de la superficie de la barra al paramento traccionado. **C_c** : *49.50* mm

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

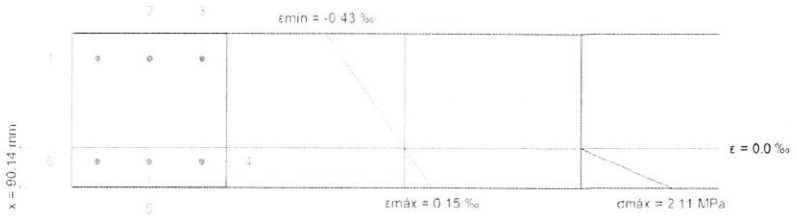
N_{ed},M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axil solicitante (valores positivos indican compresión). **N_{ed}** : *0.00* kN

$M_{ed,X}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'. **$M_{ed,X}$** : *0.00* kN·m

$M_{ed,Y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'. **$M_{ed,Y}$** : *-10.25* kN·m

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø5/8"	-117.54	117.54	-66.55	-0.000333
2	Ø5/8"	0.00	117.54	-66.55	-0.000333
3	Ø5/8"	117.54	117.54	-66.55	-0.000333

Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior (NSR-10, Título C, Artículo 10.6.4)

Se debe satisfacer:

117.54 mm ≤ 1656.27 mm ✓

La separación entre barras más restrictiva se produce en un punto situado a una distancia de 3.454 m del nudo C26, para la combinación de acciones PP+CM. El punto pésimo de la sección transversal se encuentra en las coordenadas X = 117.54 mm, Y = -117.54 mm.

Donde:

s: Separación entre barras. **s** : *117.54* mm

s_{max}: Separación máxima permitida entre barras, calculada como el menor de los siguientes valores: **s_{max}** : *1656.27* mm

s_1 : *1974.18* mm

s_2 : *1656.27* mm

Siendo:

f_s: [MPa] Tensión de tracción de la barra. **f_s** : *50.72* MPa

C_c: Distancia de la superficie de la barra al paramento traccionado. **C_c** : *49.50* mm

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes sin considerar la resistencia a tracción del hormigón:

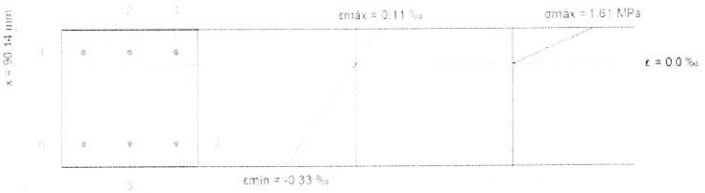
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

N_{ed},M_{ed} Esfuerzos solicitantes.

N_{ed}: Esfuerzo axil solicitante (valores positivos indican compresión). **N_{ed}** : *0.00* kN

$M_{ed,X}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'X'. **$M_{ed,X}$** : *0.00* kN·m

$M_{ed,Y}$: Momento flector solicitante alrededor del eje 'Y'. **$M_{ed,Y}$** : *7.81* kN·m



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
4	Ø5/8"	117.54	-117.54	-50.72	-0.000254
5	Ø5/8"	0.00	-117.54	-50.72	-0.000254
6	Ø5/8"	-117.54	-117.54	-50.72	-0.000254

COMPROBACIONES DE FLECHA

Flecha activa a partir del instante "3 meses", para la combinación de acciones "Característica"

La flecha máxima se produce en la sección "3.45 m" para la combinación de acciones: Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería+Cargas permanentes - Pavimento

0.55 mm ≤ 14.39 mm ✓

$f_{A,lim}$: límite establecido para la flecha activa **$f_{A,lim}$** : *14.39* mm

$f_{A,lim}$= L/480

L: longitud de referencia **L** : *6.91* m

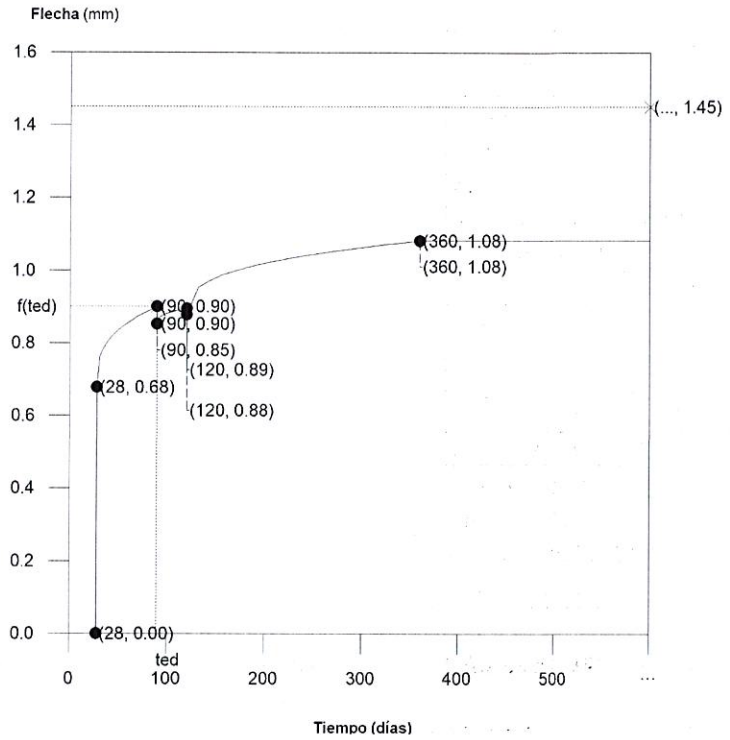
$f_{A,max}$: flecha activa máxima producida a partir del instante "3 meses" **$f_{A,max}$** : *0.55* mm

Flecha producida a partir del instante "3 meses", calculada como la diferencia entre la flecha total máxima y la flecha producida hasta dicho instante (f(t_{ed}))

$f_{T,max}(t_{ed},\infty)$: flecha total máxima producida a partir del instante "3 meses" **$f_{T,max}(t_{ed},\infty)$** : *1.45* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Flecha total a plazo infinito



Escalón de carga	t_i (días)	t_f (días)	$f_0(t_i)$ (mm)	$\Delta f_i(t_i)$ (mm)	$f(t_i)$ (mm)	$f_{dif}(t_0,t_f)$ (mm)	$f_{tot}(t_f)$ (mm)	$f_{tot,max}(t_f)$ (mm)
1-2	28	90	0.00	0.68	0.68	0.22	0.90	0.90
2-3	90	120	0.90	-0.05	0.85	0.04	0.89	0.90
3-4	120	360	0.89	-0.02	0.88	0.20	1.08	1.08
4-∞	360	∞	1.08	0.00	1.08	0.37	1.45	1.45

Donde:

t_i: instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

t_f: instante final de cada intervalo de carga considerado

$f_0(t_i)$: flecha en el instante inicial del intervalo, antes de aplicar la carga de t_i

$\Delta f_i(t_i)$: incremento de flecha instantánea debido a la carga aplicada en el instante t_i

$f(t_i)$: flecha en el instante inicial del intervalo, después de aplicar la carga de t_i

$f_{dif}(t_0,t_f)$: flecha total diferida producida en el intervalo (t_i,t_f)

$f_{tot}(t_f)$: flecha total producida hasta el instante t_f

$f_{tot,max}(t_f)$: flecha total máxima producida hasta el instante t_f

Flecha instantánea

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA OAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Escalón de carga	t_i	$q(t_i)$	Combinación de acciones	E_c (MPa)	I_e (cm4)	f_i (mm)	Δf_i (mm)	$f_{i,max}$ (mm)
1	28 días	Peso propio	Peso propio	23122.20	125052.08	0.68	0.68	0.68
2	90 días	Cargas permanentes - Tabiquería	Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería	24361.04	125052.08	0.63	-0.05	0.68
3	120 días	Cargas permanentes - Pavimento	Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería+Cargas permanentes - Pavimento	24513.78	125052.08	0.61	-0.02	0.68
4	12 meses	Sobrecarga de uso	Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería+Cargas permanentes - Pavimento	24828.07	125052.08	0.61	0.00	0.68

Donde:

t_i: instante inicial de cada intervalo de carga 'i'

$q(t_i)$: carga aplicada en el instante inicial 't_i'

f_i: flecha instantánea total debida al conjunto de cargas que actúan en el instante t_i

Δf_i: incremento de flecha instantánea debido a la carga aplicada en el instante t_i, calculado como la diferencia de las flechas instantáneas totales de los instantes t_i y t_{i-1}.

$f_{i,max}$: valor máximo de la flecha instantánea producida hasta el instante t_i

E_c: módulo de deformación del hormigón

E_c: módulo de deformación secante a los 28 días

I_e: momento de inercia equivalente de la viga para cada escalón de carga

Se obtiene como la mínima inercia de las calculadas para todas las posibles combinaciones características de las cargas aplicadas en dicho escalón. Se toma siempre el valor más desfavorable calculado hasta ese instante.

Escalón	t_i	$Q(t_i)$	$I_{e,v,i}$ (cm4)	$I_{e,i}$ (cm4)
1	28 días	Peso propio	125052.08	125052.08
2	90 días	Peso propio,Cargas permanentes - Tabiquería	125052.08	125052.08
3	120 días	Peso propio,Cargas permanentes - Tabiquería,Cargas permanentes - Pavimento	125052.08	125052.08

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Escalón	t_i	$Q(t_i)$	$I_{e,v,i}$ (cm4)	$I_{e,i}$ (cm4)
4	12 meses	Peso propio,Cargas permanentes - Tabiquería,Cargas permanentes - Pavimento,Sobrecarga de uso	125052.08	125052.08

caso A	caso B	caso C1, C2	caso D1, D2
Elementos simplemente apoyados	Vanos internos de elementos continuos	Vanos externos con continuidad sólo en uno de los apoyos	Elementos en voladizo
$I_e = I_{ec}$	$I_e = 0.50I_{ec} + 0.25(I_{ee1} + I_{ee2})$	$I_e = 0.85I_{ec} + 0.15I_{ee}$	$I_e = I_{ee}$

α_A	α_B	α_{C1}	α_{C2}	α_{D1}	α_{D2}
0	1	0	0	0	0

Sección	I_b (cm4)	I_f (cm4)	M_f (kN·m)	M_a (kN·m)	I_{ei} (cm4)
Extremo (1)	125052.08	29515.92	-24.159	-11.066	125052.08
Centro de vano	125052.08	29515.92	24.159	6.187	125052.08
Extremo (2)	125052.08	29515.92	-24.159	-12.392	125052.08

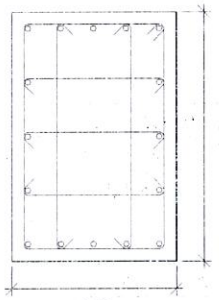
Intervalo de carga	t_i	t_f	Combinación de acciones	Δf_i (mm)	$\sum\Delta f_i$ (mm)	$\xi(t_i)$	$\xi(t_f)$	$\lambda(t_i,t_f)$	$f_{dif}(t_i,t_f)$ (mm)
1-2	28 días	90 días	Peso propio	0.68	0.68	0.67	1.00	0.33	0.22
2-3	90 días	120 días	Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería	-0.05	0.63	1.00	1.07	0.07	0.04
3-4	120 días	12 meses	Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería+Cargas permanentes - Pavimento	-0.02	0.61	1.07	1.40	0.33	0.20
4-∞	12 meses	∞	Peso propio+Cargas permanentes - Tabiquería+Cargas permanentes - Pavimento	0.00	0.61	1.40	2.00	0.60	0.37

9.3 DISEÑO DE ELEMENTOS VERTICALES

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Se especifica el proceso para una de las columnas del sisterna, en anexos se puede encontrar los cálculos correspondientes a las columnas restantes

Datos del pilar



Geometría			
Dimensiones	: 60x90 cm		
Tramo	: -0.640/3.300 m		
Altura libre	: 3.54 m		
Recubrirniento geométrico	: 4.0 cm		
Tamaño máximo de agregado	: 15 mm		
Materiales		Longitud de pandeo	
Hormigón	: f'c=240	Plano ZX	: 3.54 m
		Plano ZY	: 3.54 m
Acero	: Grado 60 (Latinoamérica)		
Armadura longitudinal		Armadura transversal	
Esquina	: 4Ø7/8"	Estribos	: 1eØ3/8"+X3rØ3/8"+Y2rØ3/8"
Cara X	: 6Ø7/8"		
Cara Y	: 6Ø7/8"	Separación	: 10 - 20 cm
Cuantía	: 1.15 %		

Disposiciones relativas a las armaduras (NSR-10, Título C, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.3):

97 mm ≥ 40 mm ✓

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3.

$s_{l,min}$: *40* mm

s_1 : *33* mm

s_2 : *40* mm

s_3 : *20* mm

Siendo:

d_b: Diámetro de la barra más gruesa. d_b : *22.2* mm

d_{ag}: Tamaño máximo nominal del agregado grueso. d_{ag} : *15* mm

Estribos

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre refuerzos transversales no debe ser menor de $s_{t,min}$ (Artículo 7.6.3):

100 mm ≥ **40 mm** ✓

Donde:

$s_{t,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3.

$s_{t,min}$: *40* mm

s_1 : *14* mm

s_2 : *40* mm

s_3 : *20* mm

Siendo:

$d_{b,t}$: Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal. $d_{b,t}$: *9.5* mm

d_{ag}: Tamaño máximo nominal del agregado grueso. d_{ag} : *15* mm

El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder $s_{t,max}$ (Artículo 7.10.5.2):

100 mm ≤ **356 mm** ✓

Donde:

$s_{t,max}$: Valor mínimo de s_1, s_2, s_3.

$s_{t,max}$: *356* mm

s_1 : *356* mm

s_2 : *457* mm

s_3 : *600* mm

Siendo:

d_b: Diámetro de la barra comprimida más delgada. d_b : *22.2* mm

$d_{b,t}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal. $d_{b,t}$: *9.5* mm

b_{min}: Menor dimensión del elemento sometido a compresión. b_{min} : *600* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 3 (3/8") ó 10M (10 mm), para barras longitudinales No. 10 (1-1/4") ó 32M (32 mm) o menores; y diámetro No. 4 (1/2") ó 12M (12 mm) como mínimo, para barras longitudinales No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm), No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm) y paquetes de barras (Artículo 7.10.5.1):

Ø3/8" ≥ 3/8" ó 10 mm ✓

Donde:

d_b: Diámetro de la barra comprimida más gruesa. **d_b** : *Ø7/8"*

$d_{b,t}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal. **$d_{b,t}$** : *Ø3/8"*

Armadura mínima y máxima (NSR-10, Título C, Artículo 10.9.1)

El área de refuerzo longitudinal, A_{st}, para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.04 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1):

62.06 cm² ≥ 54.00 cm² ✓

62.06 cm² ≤ 216.00 cm² ✓

Donde:

A_g: Área total de la sección de hormigón. **A_g** : *5400.00* cm²

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

η : ***0.058*** ✓

Donde:

V_u: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo. **$V_{u,x}$** : *7.33* kN

$V_{u,y}$: *17.20* kN

$\phi \cdot V_n$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma. **$\phi \cdot V_{n,x}$** : *455.95* kN

$\phi \cdot V_{n,y}$: *306.64* kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '2 m', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección X:

Resistencia nominal a cortante en piezas que no requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

V_n : *607.93* kN

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

Cuando M_m es negativo, V_c debe calcularse por medio de la ecuación:

$\mathbf{V_c}$: *607.93* kN

([MPa] N_u/A_g y f'_c)

Donde:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. $\mathbf{f'_c}$: *23.54* MPa

Siendo:

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular. $\mathbf{b_w}$: *900* mm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. **d** : *460* mm

$\mathbf{M_m}$: *-23.80* kN·m

Donde:

M_u: Momento mayorado en la sección. $\mathbf{M_u}$: *17.32* kN·m

N_u: Carga axial mayorada normal a la sección transversal. $\mathbf{N_u}$: *169.50* kN

h: Altura de un elemento. **h** : *600.00* mm

A_g: Área total de la sección de hormigón. $\mathbf{A_g}$: *5400.00* cm²

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que no requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

$\mathbf{V_n}$: *408.85* kN

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

$\mathbf{V_c}$: *408.85* kN

([MPa] f'_c)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

V_c : *625.76* kN

([MPa] N_u/A_g y f'_c)

Donde:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *23.54* MPa

ρ_w : *0.008*

Siendo:

A_s: Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción. A_s : *34.91* cm²

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular. b_w : *600* mm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. **d** : *710* mm

M_m : *9.25* kN·m

Donde:

M_u: Momento mayorado en la sección. M_u : *-70.49* kN·m

N_u: Carga axial mayorada normal a la sección transversal. N_u : *169.50* kN

h: Altura de un elemento. **h** : *900.00* mm

A_g: Área total de la sección de hormigón. A_g : *5400.00* cm²

<u>Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas)</u> (NSR-10, Título C, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

η : ***0.328*** ✓

Donde:

V_u: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo. $V_{u,x}$: *90.72* kN

$V_{u,y}$: *2.40* kN

$\phi \cdot V_n$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma. $\phi \cdot V_{n,x}$: *276.48* kN

$\phi \cdot V_{n,y}$: *463.62* kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "0.9·PP+0.9·CM+SX+0.3·SY".

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección X:

Resistencia nominal a cortante en piezas que no requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

V_n : *368.64* kN

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

V_c : *368.64* kN

([MPa] f'_c)

Sin embargo, V_c no debe tomarse mayor que:

V_c : *600.55* kN

([MPa] N_u/A_g y f'_c)

Donde:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *23.54* MPa

ρ_w : *0.008*

Siendo:

A_s: Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción. A_s : *34.91* cm²

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular. b_w : *900* mm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. **d** : *460* mm

M_m : *52.07* kN·m

Donde:

M_u: Momento mayorado en la sección. M_u : *-81.29* kN·m

N_u: Carga axial mayorada normal a la sección transversal. N_u : *120.48* kN

h: Altura de un elemento. **h** : *600.00* mm

A_g: Área total de la sección de hormigón. A_g : *5400.00* cm²

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Cortante en la dirección Y:

Resistencia nominal a cortante en piezas que no requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

V_n : *618.16* kN

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

Cuando M_m es negativo, V_c debe calcularse por medio de la ecuación:

V_c : *618.16* kN

([MPa] N_u/A_g y f'_c)

Donde:

f'_c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. f'_c : *23.54* MPa

Siendo:

b_w: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular. b_w : *600* mm

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción. **d** : *710* mm

M_m : *-39.39* kN·m

Donde:

M_u: Momento mayorado en la sección. M_u : *-4.14* kN·m

N_u: Carga axial mayorada normal a la sección transversal. N_u : *120.48* kN

h: Altura de un elemento. **h** : *900.00* mm

A_g: Área total de la sección de hormigón. A_g : *5400.00* cm²

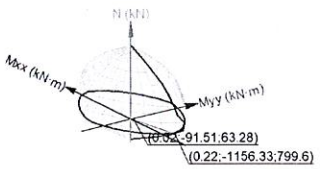
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '3.3 m', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa".

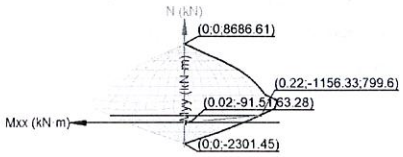
Se debe satisfacer:

η : ***0.079*** ✓

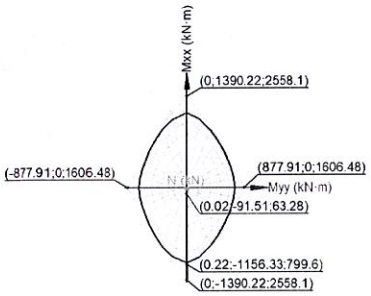
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN



Volumen de capacidad



Vista N, M



Vista Mx, My

Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. **P_u** : *63.28* kN

M_u: Momento de cálculo de primer orden. **$M_{u,x}$** : *-91.51* kN·m

$M_{u,y}$: *0.02* kN·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento. **$\phi \cdot P_n$** : *799.60* kN

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. **$\phi \cdot M_{n,x}$** : *-1156.33* kN·m

$\phi \cdot M_{n,y}$: *0.22* kN·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

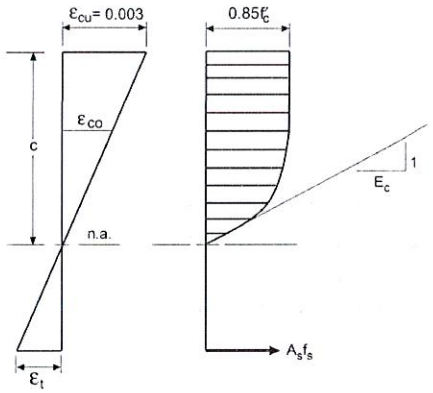
(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

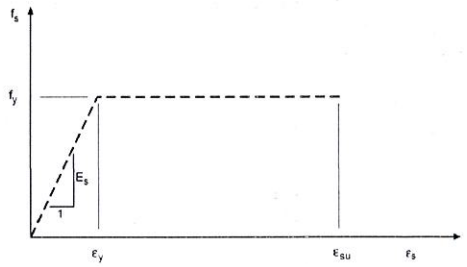


f'c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. **f'c** : *23.54* MPa

εcu: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. **εcu** : *0.0030*

εc0: Deformación unitaria bajo carga máxima. **εc0** : *0.0020*

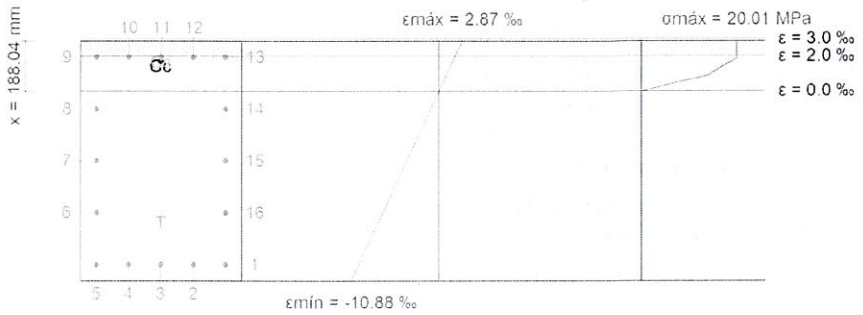
Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



fy: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. **fy** : *412.02* MPa

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø7/8"	-239.36	389.36	-412.02	-0.009950
2	Ø7/8"	-119.68	389.36	-412.02	-0.009949
3	Ø7/8"	0.00	389.36	-412.02	-0.009949
4	Ø7/8"	119.68	389.36	-412.02	-0.009948
5	Ø7/8"	239.36	389.36	-412.02	-0.009947
6	Ø7/8"	239.36	194.68	-412.02	-0.006974
7	Ø7/8"	239.36	0.00	-412.02	-0.004001
8	Ø7/8"	239.36	-194.68	-205.59	-0.001028
9	Ø7/8"	239.36	-389.36	+389.12	+0.001945
10	Ø7/8"	119.68	-389.36	+388.98	+0.001945
11	Ø7/8"	0.00	-389.36	+388.85	+0.001944
12	Ø7/8"	-119.68	-389.36	+388.71	+0.001943
13	Ø7/8"	-239.36	-389.36	+388.57	+0.001943
14	Ø7/8"	-239.36	-194.68	-206.13	-0.001031
15	Ø7/8"	-239.36	0.00	-412.02	-0.004004
16	Ø7/8"	-239.36	194.68	-412.02	-0.006977

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	1732.39	0.08	-374.56
Cs	754.17	0.08	-389.36
T	1598.11	-0.03	214.18

P_n : *888.44* kN

$M_{n,x}$: *-1284.81* kN·m

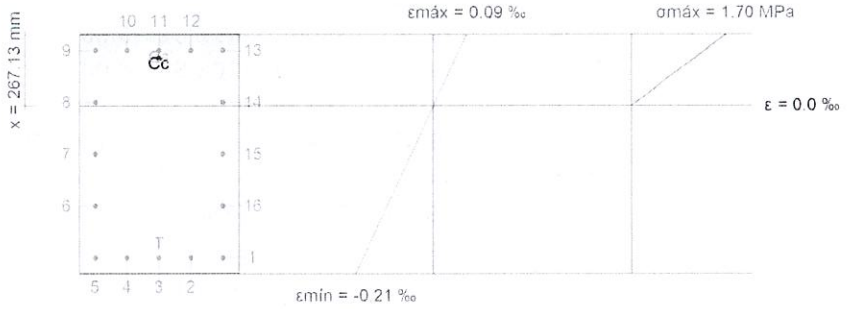
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

$M_{n,y}$: *0.25* kN·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	C_c :	*1732.39* kN
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	C_s :	*754.17* kN
T: Resultante de tracciones en el acero.	T :	*1598.11* kN
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cc,x}$:	*0.08* mm
	$e_{cc,y}$:	*-374.56* mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{cs,x}$:	*0.08* mm
	$e_{cs,y}$:	*-389.36* mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	$e_{T,x}$:	*-0.03* mm
	$e_{T,y}$:	*214.18* mm
ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ε_{cmax} :	*0.0029*
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	ε_{smax} :	*0.0100*
σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} :	*20.01* MPa
σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} :	*412.02* MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø7/8"	-239.36	389.36	-37.22	-0.000186
2	Ø7/8"	-119.68	389.36	-37.21	-0.000186
3	Ø7/8"	0.00	389.36	-37.21	-0.000186
4	Ø7/8"	119.68	389.36	-37.21	-0.000186
5	Ø7/8"	239.36	389.36	-37.20	-0.000186
6	Ø7/8"	239.36	194.68	-24.55	-0.000123
7	Ø7/8"	239.36	0.00	-11.89	-0.000059
8	Ø7/8"	239.36	-194.68	+0.77	+0.000004
9	Ø7/8"	239.36	-389.36	+13.42	+0.000067
10	Ø7/8"	119.68	-389.36	+13.42	+0.000067
11	Ø7/8"	0.00	-389.36	+13.42	+0.000067
12	Ø7/8"	-119.68	-389.36	+13.41	+0.000067
13	Ø7/8"	-239.36	-389.36	+13.41	+0.000067

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
14	Ø7/8"	-239.36	-194.68	+0.75	+0.000004
15	Ø7/8"	-239.36	0.00	-11.90	-0.000060
16	Ø7/8"	-239.36	194.68	-24.56	-0.000123

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	137.11	0.09	-360.67
Cs	26.61	0.09	-385.05
T	100.44	-0.04	316.67

P_u : *63.28* kN

$M_{u,x}$: *-91.51* kN·m

$M_{u,y}$: *0.02* kN·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. C_c : *137.11* kN

C_s: Resultante de compresiones en el acero. C_s : *26.61* kN

T: Resultante de tracciones en el acero. T : *100.44* kN

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. $e_{cc,x}$: *0.09* mm; $e_{cc,y}$: *-360.67* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. $e_{cs,x}$: *0.09* mm; $e_{cs,y}$: *-385.05* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. $e_{T,x}$: *-0.04* mm; $e_{T,y}$: *316.67* mm

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. ε_{cmax} : *0.0001*

ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. ε_{smax} : *0.0002*

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. σ_{cmax} : *1.70* MPa

σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. σ_{smax} : *37.22* MPa

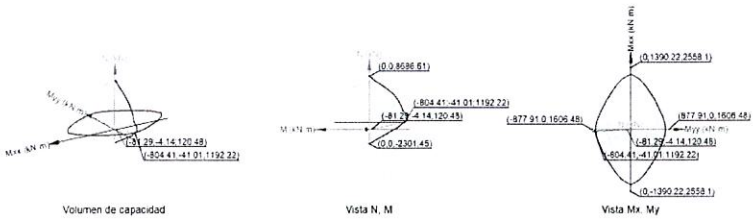
Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 10)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Pie', para la combinación de hipótesis "0.9·PP+0.9·CM+SX+0.3·SY".

Se debe satisfacer:

η : ***0.101*** ✓

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN



Volumen de capacidad Vista N, M Vista Mx, My

Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

P_u: Esfuerzo normal de cálculo. **P_u** : *120.48* kN

M_u: Momento de cálculo de primer orden. **$M_{u,x}$** : *-4.14* kN·m

$M_{u,y}$: *-81.29* kN·m

$\phi \cdot P_n$,$\phi \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$\phi \cdot P_n$: Axil de agotamiento. **$\phi \cdot P_n$** : *1192.22* kN

$\phi \cdot M_n$: Momentos de agotamiento. **$\phi \cdot M_{n,x}$** : *-41.01* kN·m

$\phi \cdot M_{n,y}$: *-804.41* kN·m

Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 10.2):

(a) El diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y cargas axiales debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(b) Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro.

(c) La máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema sometida a compresión del concreto se supone igual a 0.003.

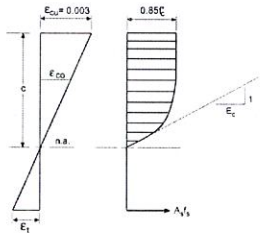
(d) El esfuerzo en el refuerzo cuando sea menor que f_y debe tomarse como E_s veces la deformación unitaria del acero. Para deformaciones unitarias mayores que las correspondientes a f_y, el esfuerzo se considera independiente de la deformación unitaria e igual a f_y.

(e) La resistencia a la tracción del concreto no debe considerarse en los cálculos de elementos de concreto reforzado sometidos a flexión y a carga axial.

(f) La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el concreto y la deformación unitaria del concreto se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida con los resultados de ensayos representativos.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.

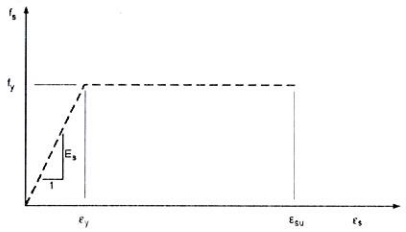


f'c: Resistencia especifica a compresión del hormigón. **f'c** : *23.54* MPa

εcu: Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión. **εcu** : *0.0030*

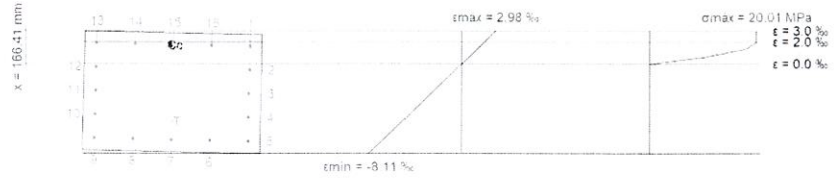
εc0: Deformación unitaria bajo carga máxima. **εc0** : *0.0020*

Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



fy: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo. **fy** : *412.02* MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø7/8"	-239.36	389.36	+316.19	+0.001581
2	Ø7/8"	-119.68	389.36	-113.13	-0.000566
3	Ø7/8"	0.00	389.36	-412.02	-0.002712

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
4	Ø7/8"	119.68	389.36	-412.02	-0.004858
5	Ø7/8"	239.36	389.36	-412.02	-0.007005
6	Ø7/8"	239.36	194.68	-412.02	-0.006931
7	Ø7/8"	239.36	0.00	-412.02	-0.006858
8	Ø7/8"	239.36	-194.68	-412.02	-0.006784
9	Ø7/8"	239.36	-389.36	-412.02	-0.006711
10	Ø7/8"	119.68	-389.36	-412.02	-0.004564
11	Ø7/8"	0.00	-389.36	-412.02	-0.002418
12	Ø7/8"	-119.68	-389.36	-54.34	-0.000272
13	Ø7/8"	-239.36	-389.36	+374.98	+0.001875
14	Ø7/8"	-239.36	-194.68	+360.28	+0.001801
15	Ø7/8"	-239.36	0.00	+345.59	+0.001728
16	Ø7/8"	-239.36	194.68	+330.89	+0.001654

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	2157.78	-237.09	-11.86
Cs	670.27	-239.36	-16.56
T	1503.36	147.51	5.91

P_n : *1324.68* kN

$M_{n,x}$: *-45.56* kN·m

$M_{n,y}$: *-893.78* kN·m

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón. — C_c : *2157.78* kN

C_s: Resultante de compresiones en el acero. — C_s : *670.27* kN

T: Resultante de tracciones en el acero. — **T** : *1503.36* kN

e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cc,x}$: *-237.09* mm; $e_{cc,y}$: *-11.86* mm

e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{cs,x}$: *-239.36* mm; $e_{cs,y}$: *-16.56* mm

e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y. — $e_{T,x}$: *147.51* mm; $e_{T,y}$: *5.91* mm

ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón. — ε_{cmax} : *0.0030*

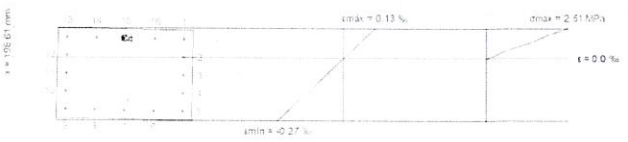
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada. — ε_{smax} : *0.0070*

σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón. — σ_{cmax} : *20.01* MPa

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada. σ_{smax} : *412.02* MPa

Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f_s (MPa)	ε
1	Ø7/8"	-239.36	389.36	+16.05	+0.000080
2	Ø7/8"	-119.68	389.36	+0.43	+0.000002
3	Ø7/8"	0.00	389.36	-15.20	-0.000076
4	Ø7/8"	119.68	389.36	-30.82	-0.000154
5	Ø7/8"	239.36	389.36	-46.45	-0.000232
6	Ø7/8"	239.36	194.68	-45.99	-0.000230
7	Ø7/8"	239.36	0.00	-45.54	-0.000228
8	Ø7/8"	239.36	-194.68	-45.08	-0.000225
9	Ø7/8"	239.36	-389.36	-44.63	-0.000223
10	Ø7/8"	119.68	-389.36	-29.00	-0.000145
11	Ø7/8"	0.00	-389.36	-13.38	-0.000067
12	Ø7/8"	-119.68	-389.36	+2.25	+0.000011
13	Ø7/8"	-239.36	-389.36	+17.88	+0.000089
14	Ø7/8"	-239.36	-194.68	+17.42	+0.000087
15	Ø7/8"	-239.36	0.00	+16.96	+0.000085
16	Ø7/8"	-239.36	194.68	+16.51	+0.000083

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	209.16	-236.07	-12.57
Cs	33.94	-235.70	-18.27
T	122.61	195.07	7.30

P_u : *120.48* kN

$M_{u,x}$: *-4.14* kN·m

$M_{u,y}$: *-81.29* kN·m

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Donde:

C_c: Resultante de compresiones en el hormigón.	**C_c** : *209.16* kN
C_s: Resultante de compresiones en el acero.	**C_s** : *33.94* kN
T: Resultante de tracciones en el acero.	**T** : *122.61* kN
e_{cc}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	**$e_{cc,x}$** : *-236.07* mm **$e_{cc,y}$** : *-12.57* mm
e_{cs}: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	**$e_{cs,x}$** : *-235.70* mm **$e_{cs,y}$** : *-18.27* mm
e_T: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	**$e_{T,x}$** : *195.07* mm **$e_{T,y}$** : *7.30* mm
ε_{cmax}: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	ε_{cmax} : *0.0001*
ε_{smax}: Deformación de la barra de acero más traccionada.	ε_{smax} : *0.0002*
σ_{cmax}: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	σ_{cmax} : *2.51* MPa
σ_{smax}: Tensión de la barra de acero más traccionada.	σ_{smax} : *46.45* MPa

Criterios de diseño por sismo (NSR-10, Rubro C.21)

La dimensión menor de la sección transversal medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 250 mm (Artículo C.21.3.5.1).

600 mm ≥ 250 mm ✓

El área del refuerzo longitudinal A_{st}, no debe ser menor que $A_{st,min}$ (Artículo C.21.3.5.2).

6206.40 mm² ≥ 5400.00 mm² ✓

Donde:

$A_{st,min}$: *5400.00* mm²

Siendo:

A_g: Área bruta de la sección de concreto. **A_g** : *540000.00* mm²

El área del refuerzo longitudinal A_{st}, no debe ser mayor que $A_{st,max}$ (Artículo C.21.3.5.2).

6206.40 mm² ≤ 21600.00 mm² ✓

Donde:

$A_{st,max}$: *21600.00* mm²

Siendo:

A_g: Área bruta de la sección de concreto. **A_g** : *540000.00* mm²

El refuerzo transversal debe disponerse mediante estribos cerrados de confinamiento como mínimo de diámetro Nº 3 (3/8"), o 10M (10 mm) (Artículo C.21.3.5.8).

9.5 mm ≥ 9.5 mm ✓

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

El espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilineos h_x, no debe exceder 350 mm centro a centro en la dirección perpendicular al eje longitudinal del elemento (Artículo C.21.3.5.8).

239 mm ≤ 350 mm ✓

El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares A_{sh}, no debe ser menor que $A_{sh,min}$ (Artículo C.21.3.5.7).
En el eje X:

356.28 mm² ≥ 282.49 mm² ✓

Donde:

$A_{sh,min}$: Valor máximo entre A_1, y A_2. **$A_{sh,min}$** : *282.49* mm²

A_1 : *282.49* mm²

A_2 : *277.67* mm²

Siendo:

s: Espaciamiento medido de centro a centro de la armadura transversal. **s** : *100* mm

b_c: Dimensión transversal del núcleo del elemento medida entre los bordes externos del refuerzo transversal. **b_c** : *810* mm

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. **f'_c** : *23.54* MPa

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal. **f_{yt}** : *412.02* MPa

A_g: Área bruta de la sección de concreto. **A_g** : *540000.00* mm²

A_{ch}: Área de la sección transversal de un elemento estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal. **A_{ch}** : *413727.23* mm²

En el eje Y:

285.02 mm² ≥ 177.86 mm² ✓

Donde:

$A_{sh,min}$: Valor máximo entre A_1, y A_2. **$A_{sh,min}$** : *177.86* mm²

A_1 : *177.86* mm²

A_2 : *174.83* mm²

Siendo:

s: Espaciamiento medido de centro a centro de la armadura transversal. **s** : *100* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

b_c: Dimensión transversal del núcleo del elemento medida entre los bordes externos del refuerzo transversal. **b_c** : *510* mm

f'_c: Resistencia especificada a la compresión del concreto. **f'_c** : *23.54* MPa

f_{yt}: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo transversal. **f_{yt}** : *412.02* MPa

A_g: Área bruta de la sección de concreto. **A_g** : *540000.00* mm^2

A_{ch}: Área de la sección transversal de un elemento estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal. **A_{ch}** : *413727.23* mm^2

El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder de s_{max} (Artículo C.21.3.5.6).

100 mm ≤ 150 mm ✓

Donde:

s_{max}: Valor mínimo de s_1, s_2, s_3, y s_4. **s_{max}** : *150* mm

s_1 : *178* mm

s_2 : *152* mm

s_3 : *200* mm

s_4 : *150* mm

Siendo:

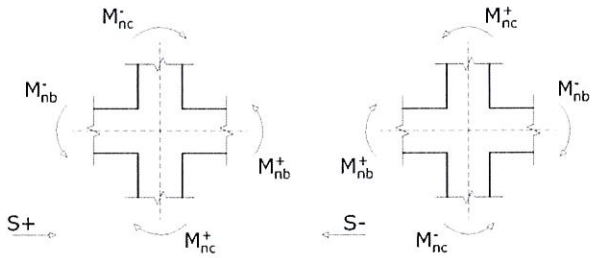
$Ø_{min}$: Diámetro de las armaduras longitudinales más pequeñas. **$Ø_{min}$** : *22.2* mm

$Ø_t$: Diámetro de la barra del estribo. **$Ø_t$** : *9.5* mm

c_1: Menor dimensión de la sección transversal de la columna. **c_1** : *600* mm

Resistencia mínima a flexión de columnas. (NSR-10, Título C)

Las resistencias a flexión de las columnas deben satisfacer la ecuación (Artículo 21.3.6.2):
Para este caso, resulta más desfavorable el esfuerzo axil mínimo: N_d = 4.24 t.



ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

117.34 t·m ≥ 6.60 t·m ✓

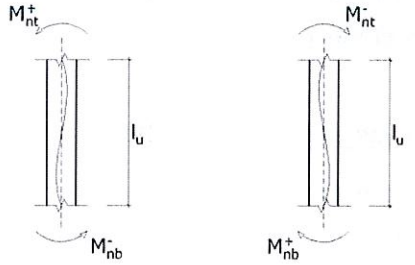
Donde:

ΣM_{nc}: Suma de los momentos nominales a flexión de las columnas.
ΣM_{nb}: Suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas.

Dirección y sentido de la acción sísmica	**Sismo X**		**Sismo Y**	
	S+	S-	S+	S-
ΣM_{nc} (t·m)	117.34	117.34	-	-
ΣM_{nb} (t·m)	5.50	5.50	-	-
(*): pésimo	✓	✓ *	✓	✓

Cortante de diseño para columnas. (NSR-10, Título C)

El $\phi \cdot V_n$ de columnas que resisten efectos sísmicos, E, no debe ser menor que el menor de (a) y (b) (Artículo 21.3.3.2):
(a) La suma del cortante debido a flexión en curvatura inversa asociado con el desarrollo de los momentos nominales de la columna en cada extremo restringido de la longitud libre. La resistencia a flexión de la columna debe calcularse para la fuerza axial mayorada, consistente con la dirección de las fuerzas laterales consideradas, que resulte en el mayor valor de la resistencia a flexión.



Se debe satisfacer:

Donde:

ϕ: Factor de reducción de resistencia. ϕ : *0.75*
V_n: Resistencia nominal a cortante.
V_e: Fuerza cortante de diseño, obtenida como el máximo entre V_{e1}, V_{e2}.

Siendo:

l_u: Longitud sin soporte lateral de un elemento en compresión.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

M_n: Momentos nominales del elemento en cada extremo.

	l_u (m)	M_{nb}^+ (t·m)	M_{nb}^- (t·m)	M_{nt}^+ (t·m)	M_{nt}^- (t·m)	V_{e1} (t)	V_{e2} (t)	V_e (t)	$\phi \cdot V_n$ (t)	
Cortante en el eje X	3.54	62.22	62.22	60.88	60.88	34.77	34.77	34.77	97.65	✓
Cortante en el eje Y	3.54	97.00	97.00	94.92	94.92	54.21	54.21	54.21	104.38	✓ *

(*): pésimo

(b) El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E, con E incrementado por medio de Ω_0.

Donde:

ϕ: Factor de reducción de resistencia. ϕ : *0.75*

Ω_0: Factor de sobrerresistencia. Ω_0 : *3*

V_n: Resistencia nominal a cortante.

V_E: El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E, con E incrementado por medio de Ω_0.

	V_E (t)	$\phi \cdot V_n$ (t)	
Cortante en el eje X	3.45	97.65	✓ *
Cortante en el eje Y	2.42	104.38	✓

(*): pésimo

Disposiciones relativas a las armaduras (NSR-10, Título C, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal- Estribos

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de $s_{l,min}$ (Artículo 7.6.3):

Donde:

$s_{l,min}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3.

Siendo:
d_b: Diámetro de la barra más gruesa.
d_{ag}: Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Estribos

El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder $s_{t,max}$ (Artículo 7.10.5.2):

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Donde:

Siendo :
$\mathbf{d_b}$: Diámetro de la barra comprimida más delgada
$\mathbf{d_{b,t}}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal.
$\mathbf{b_{min}}$: Menor dimensión del elemento sometido a compresión

Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 3 (3/8") ó 10M (10 mm), para barras longitudinales No. 10 (1-1/4") ó 32M (32 mm) o menores; y diámetro No. 4 (1/2") ó 12M (12 mm) como mínimo, para barras longitudinales No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm), No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm) y paquetes de barras (Artículo 7.10.5.1):

Donde:
$\mathbf{d_b}$: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.
$\mathbf{d_{b,t}}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal.

Armadura mínima y máxima (NSR-10, Título C, Artículo 10.9.1)
El área de refuerzo longitudinal, A_{st}, para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.04 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1):

Donde:
$\mathbf{A_g}$: Área total de la sección de hormigón

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 11)

$\mathbf{V_u}$: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.
$\mathbf{f \cdot V_n}$: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'Cabeza', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa".

Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Cortante en la dirección:
Resistencia nominal a cortante en piezas que no requieren refuerzos de cortante, obtenida de acuerdo con el Artículo 11.1.1:

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados sometidos a compresión axial (Artículo 11.2.2.2):

Cuando M_m es negativo, V_c debe calcularse por medio de la ecuación:

Donde:

f'c: Resistencia especifica a compresión del hormigón.

Siendo :

bw: Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.
d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

Donde:
M_u: Momento mayorado en la sección
N_u: Carga axial mayorada normal a la sección transversal.
h: Altura de un elemento.
A_g: Área total de la sección de hormigón.

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas) (NSR-10, Título C, Artículo 10)
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '7.1 m', para la combinación de hipótesis "1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa".
Se debe satisfacer:

Comprobación de resistencia de la sección (h_1)

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

P_u,M_u son los esfuerzos de cálculo de primer orden.
P_u: Esfuerzo normal de cálculo.
M_u: Momento de cálculo de primer orden.
$f \cdot P_n$,$f \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento.
$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

Comprobación del estado límite de inestabilidad (h_2)

P_u,M_c esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos obtenidos a partir de los de primer orden incrementados para tener en cuenta los efectos de segundo orden a causa de la esbeltez.
P_u: Axil solicitante de cálculo pésimo.
M_c: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$f \cdot P_n$,$f \cdot M_n$ son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

$f \cdot P_n$: Axil de agotamiento
$f \cdot M_n$: Momentos de agotamiento.

Efectos de esbeltez

No se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen (Artículo 10.10.1):

Donde:

kl_u: Longitud efectiva
r: Radio de giro de la sección transversal de un elemento en compresión
Los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial mayorada P_u y para el momento magnificado por los efectos de curvatura del elemento, M_c (Artículo 10.10.6):

Donde :

Siendo :

h: Altura de un elemento.

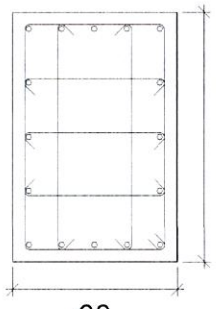
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Donde :

$\mathbf{E_c}$: Módulo de elasticidad del concreto.
$\mathbf{I_g}$: Momento de inercia de la sección bruta del elemento con respecto al eje que pasa por el centroide, sin tener en cuenta el refuerzo.
$\mathbf{kl_u}$: Longitud efectiva.

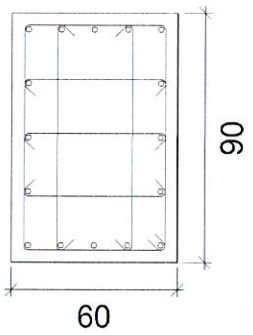
Comprobación de resistencia axial de diseño
La fuerza axial mayorada P_u de elementos en compresión no debe tomarse mayor que $f \cdot P_{n,max}$ (Artículo 10.3.6).

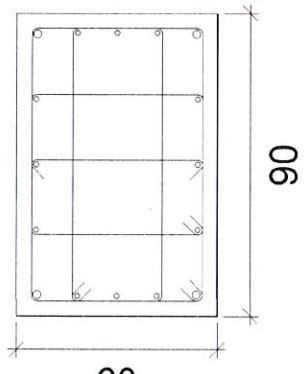
Siendo:
$\mathbf{f'_c}$: Resistencia especifica a compresión del hormigón.
$\mathbf{f_y}$: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo
$\mathbf{A_g}$: Área total de la sección de hormigón.
$\mathbf{A_{st}}$: Área total de refuerzo longitudinal no preesforzado.

<table>
<tr><th colspan="3">Datos del pilar C1-C2-C3-C4-C5</th></tr>
<tr><td rowspan="6">
</td><td colspan="2">Geometría</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dimensiones : 60x90 cm
Tramo : 3.300/3.750 m
Altura libre : 0.45 m
Recubrimiento geométrico : 4.0 cm
Tamaño máximo de agregado : 15 mm</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td>Longitud de pandeo</td></tr>
<tr><td>Hormigón : f'c=240
Acero : Grado 60 (Latinoamérica)</td><td>Plano ZX : 0.45 m
Plano ZY : 0.45 m</td></tr>
<tr><td>Armadura longitudinal</td><td>Armadura transversal</td></tr>
</table>

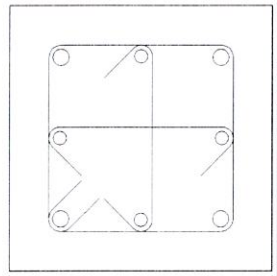
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

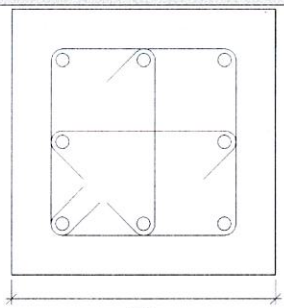
Datos del pilar C1-C2-C3-C4-C5		
	Esquina : 4Ø7/8" Cara X : 6Ø7/8" Cara Y : 6Ø7/8" Cuantía : 1.15 %	Estribos : 1eØ3/8"+X3rØ3/8"+Y2rØ3/8" Separación : 10 cm

Datos del pilar C6-C10		
	Geometría	
	Dimensiones : 60x90 cm Tramo : -1.000/3.750 m Altura libre : 4.45 m Recubrimiento geométrico : 4.0 cm Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : f'c=240 Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 4.45 m Plano ZY : 4.45 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
	Esquina : 4Ø7/8" Cara X : 6Ø7/8" Cara Y : 6Ø7/8" Cuantía : 1.15 %	Estribos : 1eØ3/8"+X3rØ3/8"+Y2rØ3/8" Separación : 10 - 20 cm

Datos del pilar C7-C8-C9		
	Geometría	
	Dimensiones : 60x90 cm Tramo : 1.500/3.750 m Altura libre : 1.95 m Recubrimiento geométrico : 4.0 cm Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : f'c=240 Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 1.95 m Plano ZY : 1.95 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
	Esquina : 4Ø1" Cara X : 6Ø3/4" Cara Y : 6Ø3/4" Cuantía : 1.01 %	Estribos : 3eØ3/8"+X1rØ3/8" Separación : 10 cm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Datos del pilar C14-C15		
 30	Geometría	
	Dimensiones : 30x30 cm Tramo : -1.000/1.500 m Altura libre : 2.15 m Recubrimiento geométrico : 4.0 cm Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo
	Hormigón : f'c=240 Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZX : 2.15 m Plano ZY : 2.15 m
	Armadura longitudinal	Armadura transversal
	Esquina : 4Ø3/4" Cara X : 2Ø5/8" Cara Y : 2Ø5/8" Cuantía : 2.15 %	Estribos : 1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y1rØ3/8" Separación : 5 - 10 cm

Datos del pilar C23-C24-C25-C26-C27		
 30	Geometría	
	Dimensiones : 30x30 cm Tramo : -0.640/1.300 m Altura libre : 1.59 m Recubrimiento geométrico : 4.0 cm Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
	Materiales	Longitud de pandeo

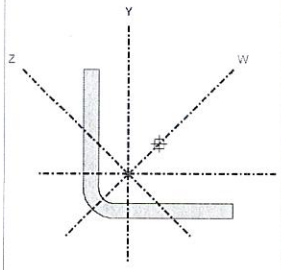
9.4 ELEMENTOS METALICOS

Se relaciona el procedimiento que se tuvo en cuenta para el análisis de los elementos metálicos, para los demás elementos se presentan en ANEXOS

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Barra N44/N45

Perfil: 5/16x 3
Material: Acero (A36)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x[1] (cm4)	I_y[1] (cm4)	I_{xy}[4] (cm4)	I_t[2] (cm4)	x_g[3] (mm)	y_g[3] (mm)	α[5] (grados)
N44	N45	1.771	11.05	60.62	60.62	-39.02	2.32	-15.32	-15.32	45.0

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia W respecto al eje X, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	0.50	0.50	0.00	0.00
L_K	0.886	0.886	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_w	M_z	V_w	V_z	M_wTr	M_zTr	M_wV_z	M_zV_w	MT	MP	TPTrMV	
N44/N45	w / t ≤ (w / t)$_{Máx.}$ Cumple	N.P.[1]	x: 0 m η = 18.6	η = 0.6	x: 1.771 m η = 32.5	x: 1.771 m η = 30.1	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 1.1	x: 1.771 m η = 32.8	x: 1.771 m η = 30.4	x: 1.771 m η = 10.8	x: 1.771 m η = 9.3	N.P.[2]	x: 1.771 m η = 84.4	x: 1.771 m η = 77.7	**CUMPLE η = 84.4**

Notación:
w / t: Limitaciones geométricas
T: Resistencia a tracción
P: Resistencia a compresión
Tr: Resistencia a torsión
M_w: Resistencia a flexión alrededor del eje W
M_z: Resistencia a flexión alrededor del eje Z
V_w: Resistencia a corte en la dirección del eje W
V_z: Resistencia a corte en la dirección del eje Z
M_wTr: Resistencia a flexión alrededor del eje W combinada con torsión
M_zTr: Resistencia a flexión alrededor del eje Z combinada con torsión
M_wV_z: Resistencia a flexión alrededor del eje W combinada con corte en la dirección del eje Z
M_zV_w: Resistencia a flexión alrededor del eje Z combinada con corte en la dirección del eje W
MT: Resistencia a flexión combinada con tracción
MP: Resistencia a flexión combinada con compresión
TPTrMV: Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

w_1 / t : ***7.60*** ✓

Donde:

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

w_1: Longitud del tramo recto del elemento horizontal (paralelo al eje X). **w_1** : *60.36* mm
t: Espesor. **t** : *7.94* mm

w_2 / t : ***7.60*** ✓

Donde:

w_2: Longitud del tramo recto del elemento vertical (paralelo al eje Y). **w_2** : *60.36* mm
t: Espesor. **t** : *7.94* mm

Resistencia a compresión (C4)

Se debe satisfacer:

η_c : ***0.186*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N44, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

P_f: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD. **P_f** : *35.45* kN

P_c: Resistencia de diseño a compresión.

P_c : *190.46* kN

Donde:

φ_c: Factor de resistencia para compresión. φ_c : *0.85*
P_n: Resistencia nominal a compresión. **P_n** : *224.07* kN

C4.1 Resistencia nominal a compresión, considerando el efecto del pandeo por flexión, flexotorsión o torsión.

P_n : *224.07* kN

Donde:

A_e: Área de la sección eficaz. **A_e** : *11.05* cm²

Para

F_n : *202.72* MPa

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Donde:

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *250.00* MPa

λ_c : *0.71*

Donde:

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *250.00* MPa

F_e: Tension elástica de pandeo a flexión calculada según las Secciones C4.1.1 a C4.1.4. **F_e** : *499.17* MPa

C4.1.1 Secciones no sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

F_{crit}: Tensión crítica de pandeo, tomada como la menor de F_{ew} y F_{ez}. **F_{crit}** : *499.17* MPa

Donde:

F_{ew} : *2302.39* MPa

Donde:

r_w : *0.030* m

Donde:

I_w: Momento de inercia respecto al eje principal mayor. **I_w** : *99.63* cm4

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.05* cm²

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

K_w: Factor de longitud eficaz para el eje principal de mayor inercia. **K_w** : *0.50*

L: Longitud de la barra. **L** : *1.771* m

F_{ez} : *499.17* MPa

Donde:

r_z : *0.014* m

Donde:

I_z: Momento de inercia respecto al eje principal menor. **I_z** : *21.60* cm4

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.05* cm²

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

K_z: Factor de longitud eficaz para el eje principal de menor inercia. **K_z** : *0.50*

L: Longitud de la barra. **L** : *1.771* m

C4.1.2 Secciones con uno o dos ejes de simetría sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

(iii) Para secciones con un eje de simetría, y angulares con alas iguales en los que el área eficaz es igual al área bruta de la sección.

La tensión crítica es la misma que la calculada en la Sección C4.1.1.

C4.2 Resistencia a pandeo por distorsión.

No se ha podido realizar la comprobación de resistencia al pandeo por distorsión, ya que la norma no proporciona formulación para este tipo de sección.

Resistencia a torsión (Comprobación adicional)

Se debe satisfacer:

η_{Tr} : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

Tr_f: Resistencia requerida a torsión, utilizando las combinaciones de carga LRFD. **Tr_f** : *0.00* kN·m

Tr_c: Resistencia de diseño a torsión.

Tr_c : *0.39* kN·m

Donde:

φ_{Tr}: Factor de resistencia para torsión, tomado de AISC-05. φ_{Tr} : *0.90*

Tr_n: Resistencia nominal a torsión.

Tr_n : *0.44* kN·m

Donde:

C: Módulo resistente a torsión.

C : *2.92* cm³

Donde:

J: Momento de inercia a torsión uniforme. **J** : *2.32* cm4

t: Espesor. **t** : *7.94* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

F_n : *150.00* MPa

Donde:

F_y: Límite elástico del acero. F_y : *250.00* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje W (C3.1)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.325*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

M_f: Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD. M_f : *1.35* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión.

M_c : *4.16* kN·m

Donde:

φ_b: Factor de resistencia para flexión. φ_b : *0.90*

M_n: La resistencia a flexión nominal mínima se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1. M_n : *4.62* kN·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

M_n : *4.62* kN·m

Donde:

S_{ew} : *18.49* cm³

Donde:

I_{ew}: Momento eficaz de inercia respecto al eje W. I_{ew} : *99.63* cm4

I_{ez}: Momento eficaz de inercia respecto al eje Z. I_{ez} : *21.60* cm4

I_{ewz}: Producto eficaz de inercia. I_{ewz} : *0.00* cm4

w: Distancia a la fibra extrema en flexión. **w** : *21.66* mm

z: Distancia a la fibra extrema en flexión. **z** : *53.88* mm

F_y: Límite elástico del acero. F_y : *250.00* MPa

C3.1.2 Resistencia a pandeo lateral.

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Como el factor de longitud eficaz para pandeo lateral es cero, la barra no está sometida a pandeo lateral. La resistencia a flexión se calcula según la Sección C3.1.1.

C3.1.4 Resistencia a pandeo por distorsión.

No se ha podido realizar la comprobación de resistencia al pandeo por distorsión, ya que la norma no proporciona formulación para este tipo de sección.

Resistencia a flexión alrededor del eje Z (C3.1)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.301*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

M_f: Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD. **M_f** : *0.54* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión.

M_c : *1.78* kN·m

Donde:

φ_b: Factor de resistencia para flexión. φ_b : *0.90*

M_n: La resistencia a flexión nominal mínima se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1. **M_n** : *1.98* kN·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

M_n : *1.98* kN·m

Donde:

S_{ez} : *7.92* cm³

Donde:

I_{ew}: Momento eficaz de inercia respecto al eje W. **I_{ew}** : *99.63* cm4

I_{ez}: Momento eficaz de inercia respecto al eje Z. **I_{ez}** : *21.60* cm4

I_{ewz}: Producto eficaz de inercia. **I_{ewz}** : *0.00* cm4

w: Distancia a la fibra extrema en flexión. **w** : *27.27* mm

z: Distancia a la fibra extrema en flexión. **z** : *48.27* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *250.00* MPa

C3.1.4 Resistencia a pandeo por distorsión.

No se ha podido realizar la comprobación de resistencia al pandeo por distorsión, ya que la norma no proporciona formulación para este tipo de sección.

Resistencia a corte en la dirección del eje W (C3.2)

Se debe satisfacer:

η_V : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N44, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

V_f: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD. **V_f** : *0.52* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

V_c : *96.56* kN

Donde:

φ_v: Factor de resistencia para cortante. φ_v : *0.95*

V_n: La resistencia nominal a cortante es el menor de los valores calculados según la Sección C3.2.1. **V_n** : *101.64* kN

a) C3.2.1 Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante V_n, suponiendo que se agota el ala vertical.

V_n : *101.64* kN

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

A_w : *4.79* cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *7.94* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

α: Ángulo que forman los ejes principales W y Z con los ejes X e Y. α : *45.0* grados

(a) Para

F_v : *150.00* MPa

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *7.94* mm

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

F_y: Límite elástico del acero. F_y : *250.00* MPa

1.Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante. K_v : *5.34*

b) C3.2.1 Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante V_n, suponiendo que se agota el ala horizontal.

V_n : *101.64* kN

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

A_w : *4.79* cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *7.94* mm

α: Ángulo que forman los ejes principales W y Z con los ejes X e Y. α : *45.0* grados

(a) Para

F_v : *150.00* MPa

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t : *7.94* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *250.00* MPa

1.Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante. **K_v** : *5.34*

Resistencia a corte en la dirección del eje Z (C3.2)

Se debe satisfacer:

η_v : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N44, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

V_f: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD. **V_f** : *1.09* kN

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

V_c : *96.56* kN

Donde:

φ_v: Factor de resistencia para cortante. φ_v : *0.95*

V_n: La resistencia nominal a cortante es el menor de los valores calculados según la Sección C3.2.1. **V_n** : *101.64* kN

a) C3.2.1 Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante V_n, suponiendo que se agota el ala vertical.

V_n : *101.64* kN

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

A_w : *4.79* cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *7.94* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

α: Ángulo que forman los ejes principales W y Z con los ejes X e Y. α : *45.0* grados

(a) Para

F_v : *150.00* MPa

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *7.94* mm

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

F_y: Límite elástico del acero. F_y : *250.00* MPa

1.Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante. K_v : *5.34*

b) C3.2.1 Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante V_n, suponiendo que se agota el ala horizontal.

V_n : *101.64* kN

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

A_w : *4.79* cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *7.94* mm

α: Ángulo que forman los ejes principales W y Z con los ejes X e Y. α : *45.0* grados

(a) Para

F_v : *150.00* MPa

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *60.36* mm

t : *7.94* mm

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

F_y: Límite elástico del acero. F_y : *250.00* MPa

1.Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante. K_v : *5.34*

Resistencia a flexión alrededor del eje W combinada con torsión (C3.6)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.328*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

M_f: Resistencia requerida para flexión positiva. M_f : *1.35* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión, según C3.1. M_c : *4.16* kN·m

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión.

R : *0.99*

Donde:

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

w: Coordenada W del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **w** : *21.66* mm

z: Coordenada Z del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **z** : *53.88* mm

f_{bw}: Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje W.

f_{bw} : *-73.07* MPa

Donde:

M_{fw}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje W para las combinaciones de carga LRFD. M_{fw} : *1.35* kN·m

I_w: Momento de inercia respecto al eje principal mayor. I_w : *99.63* cm4

f_{Tr}: Tensión tangencial debida a la torsión. f_{Tr} : *-0.81* MPa

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

Resistencia a flexión alrededor del eje Z combinada con torsión (C3.6)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.304*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

M_f: Resistencia requerida para flexión negativa. **M_f** : *0.54* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión, según C3.1. **M_c** : *1.78* kN·m

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión.

R : *0.99*

Donde:

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

w: Coordenada W del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **w** : *27.27* mm

z: Coordenada Z del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **z** : *-48.27* mm

f_{bz}: Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje Z, calculada utilizando la sección eficaz.

f_{bz} : *-67.63* MPa

Donde:

M_{fz}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Z para las combinaciones de carga LRFD. **M_{fz}** : *0.54* kN·m

I_z: Momento de inercia respecto al eje principal menor. **I_z** : *21.60* cm4

f_{Tr}: Tensión tangencial debida a la torsión. **f_{Tr}** : *-0.81* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje W combinada con corte en la dirección del eje Z (C3.3)

Se debe satisfacer:

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

η : ***0.108*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

η : *0.108*

Donde:

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión, calculado según C3.6. — **R** : *0.99*

$\mathbf{M_{fw}}$: Resistencia requerida a flexión respecto al eje W para las combinaciones de carga LRFD. — $\mathbf{M_{fw}}$: *1.35* kN·m

$\mathbf{M_{cw}}$: Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje W. — $\mathbf{M_{cw}}$: *4.16* kN·m

$\mathbf{V_{fz}}$: Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Z para las combinaciones de carga LRFD. — $\mathbf{V_{fz}}$: *0.96* kN

$\mathbf{V_{cz}}$: Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Z. — $\mathbf{V_{cz}}$: *96.56* kN

Resistencia a flexión alrededor del eje Z combinada con corte en la dirección del eje W (C3.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.093*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

η : *0.093*

Donde:

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión, calculado según C3.6. — **R** : *0.99*

$\mathbf{M_{fz}}$: *0.54* kN·m

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN

M_{fz}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Z para las combinaciones de carga LRFD.

M_{cz}: Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje Z. **M_{cz}** : *1.78* kN·m

V_{fw}: Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje W para las combinaciones de carga LRFD. **V_{fw}** : *0.39* kN

V_{cx}: Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje W. **V_{cx}** : *96.56* kN

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

(a) Se debe satisfacer el siguiente criterio si

η : ***0.844*** ✓

η_o : ***0.783*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM+1.6·Qa.

Donde:

η : *0.844*

Donde:

R_w: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje W debido a la torsión, calculado según C3.6. **R_w** : *0.99*

R_z: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Z debido a la torsión, calculado según C3.6. **R_z** : *0.99*

φ_c: Factor de resistencia para compresión. φ_c : *0.85*

P_f: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD. **P_f** : *35.42* kN

P_n: Resistencia nominal a compresión según la Sección C4. **P_n** : *224.07* kN

φ_{bw}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje W. φ_{bw} : *0.90*

C_{mw}: Coeficiente de momento en los extremos para flexión respecto al eje W. **C_{mw}** : *1.0*

M_{fw}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje W para las combinaciones de carga LRFD. **M_{fw}** : *1.35* kN·m

M_{nw}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje W según la Sección C3.1. **M_{nw}** : *4.62* kN·m

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE DAYANA CAROLINA ANTOLINEZ ANTOLINEZ
NO DEBE SER COPIADO, REPRODUCIDO Y/O CIRCULADO SIN SU AUTORIZACIÓN