



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Civil**

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera civil

Tema:

“Análisis comparativo del diseño de dos edificios de 5 pisos en hormigón armado: uno con losas alivianadas y otro con losas postensadas”

Autora: Cruz Vásquez, Patricia Anahí

Tutor: Ing. Peñaherrera Gallegos, Estuardo Javier

Sangolquí – 2022



Índice de Contenidos

1

Introducción

2

Objetivos

3

Marco teórico

4

Metodología

5

Diseño de la losa alivianada

6

Diseño de la losa postensada

7

Modelos

8

Análisis comparativo

9

Conclusiones y Recomendaciones



Edificio EPIQ: Fuente: Uribe Schwarzkopf



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Introducción



Menor peso



Mayor peso



Antecedentes

Torre 6
Semaica Grupo Empresarial
2015



Edificio de 16 plantas altas y 6 subsuelos
Área total de 34.000 m².
Losas postensadas bidireccionales.
Tomado de (EMPRESARIAL, s.f.)

IQON
Uribe Schwarzopf
2022



Edificio de 32 pisos
Área total de 53000 m².
Losas postensadas bidireccionales.
Tomado (URIBE SCHWARZKOPF, 2022)

UNIQUE
Uribe Schwarzopf
2020



Edificio de 24 pisos
Área total de 19800 m².
Losas postensadas bidireccionales.
Tomado de (URIBE SCHWARZKOPF, 2022)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Planteamiento del problema

Macro

A nivel mundial, el uso del prefuerzo en la construcción de losas ha sido aceptado y adoptado exitosamente.

Existen estudios y reglamentos internacionales.

Meso

En el Ecuador el uso del postensado está limitado a pocos Edificios, el sistema de losas tradicionales aún abarca la mayoría de edificaciones, existen muy pocas guías y estudios locales que divulguen este sistema constructivo de losas Postensadas.

Micro

En Quito se inició la construcción de edificios con este sistema de entre piso hace aproximadamente siete años, son pocos los edificios construidos con losas postensadas y en la actualidad se están desarrollando proyectos como IQON Y EPIQ en el sector del Parque la Carolina.



Objetivo General:

Comparar el sistema de losas postensadas con el sistema de losas alivianadas, analizando el diseño estructural realizado mediante un modelo matemático en ETABS, que cumpla con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), las recomendaciones del Post Tensioning Institute (PTI) y American Concrete Institute (ACI), con el fin de determinar la eficiencia de la aplicación de nuevas tecnologías de construcción.

Objetivos

Objetivos Específicos:

Identificar el problema de metodologías de construcción tradicionales e importancia de nuevas metodologías.

Investigar las bases teóricas y de cálculo del sistema de losas postensadas.

Realizar y analizar el diseño estructural del sistema de losas alivianadas y sistema de losas postensadas.

Identificar las ventajas y desventajas del sistema de losas alivianadas y postensadas.

Concluir el análisis comparativo entre el sistema de losas alivianas y el sistema de losas postensadas; y recomendar la aplicación del sistema más óptimo.



Diseño de Losas Alivianadas tradicionales de hormigón armado

Control de deflexiones

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	L/ 180 *
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	L/360
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) †	L/ 480 ‡
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		L/240§

Nota: Adaptada de (American Concrete Institute, 2014, pág. 125)



Diseño de Losas Alivianadas tradicionales de hormigón armado

cargas de diseño

cargas muertas

son las cargas gravitatorias del peso de todos los materiales que constituyen el elemento estructural, incluyendo todo el equipo fijo formando parte de la estructura, tubería, alambrado, ductos, aparatos etc.

cargas vivas

son también cargas gravitatorias como las cargas muertas pero son una parte no integral de la estructura en función de la vida útil

Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas de acuerdo con la ocupación

Ocupación o USO	Carga Uniforme (kN/m ²)
<i>Cubiertas</i>	
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70
<i>Residencias</i>	
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00
Hoteles y residencias multifamiliares	
Habitaciones	2.00
Salones de uso público	4.80

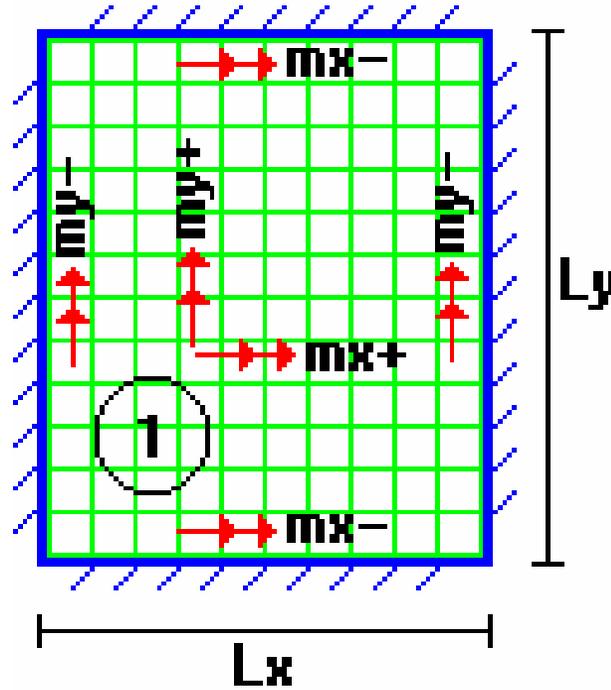
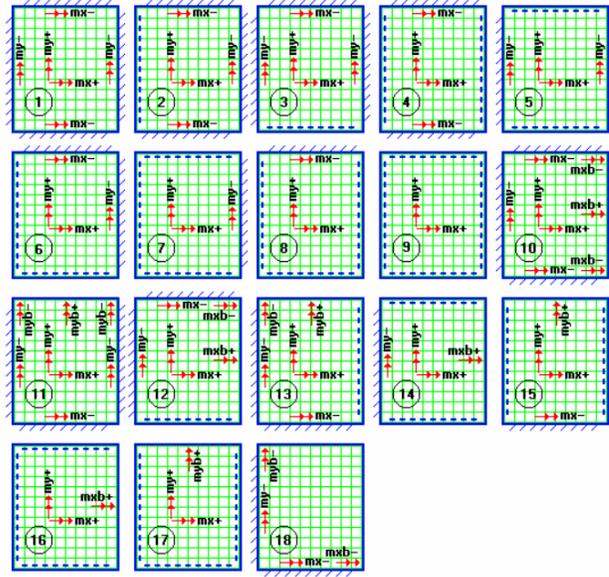
Nota: Adaptada de (NEC-SE-CG, 2015, págs. 25-30)



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño de Losas Alivianadas tradicionales de hormigón armado

Modelos estructurales de losas para el diseño a flexión.



Coeficiente	Lx / Ly					
	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
δ	200	241	281	315	336	339
m_{y-}	564	659	752	830	878	887
m_{y+}	258	319	378	428	459	464
m_{x-}	564	577	574	559	538	520
m_{x+}	258	242	208	157	126	123

Fórmulas

$$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot L^4 / (E \cdot h^3)$$

$$M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L^2$$

$$M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L^2$$

$$M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L^2$$

$$M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L^2$$

$$M_{yb-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L^2$$

$$M_{yb+} = 0.0001 q \cdot m_{yb+} \cdot L^2$$

$$M_{xb-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L^2$$

$$M_{xb+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L^2$$

Nota: Tomada de (Romo, Diseño de losas de hormigón armado, 2017)

Diseño de Losas Alivianadas tradicionales de hormigón armado

Acero a flexión.

Para determinar la cantidad de acero que se requiere para un área sometida a flexión, se podrá utilizar la fórmula expresada a continuación:

$$A_s = \frac{0.85f'_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right]$$

Es importante realizar una verificación, con la finalidad de asegurar que la cantidad que no haya superado la fracción de cuantía de armado balanceada: 50% cuando resiste sismos; además no deberá ser inferior a la cantidad mínima requerida.

Cuantía mínima

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

Cuantía balanceada

$$\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_y} - \frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003}$$

Donde:

f'_c : Resistencia característica a la rotura del concreto.

f_y : Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.

E_s : Módulo de elasticidad del acero.



Diseño de Losas Alivianadas tradicionales de hormigón armado

Resistencia al cortante de elementos a flexión

Las losas deben tener propiedades de resistencia a la tracción ocasionada por la cortante. Esta resistencia depende de la armadura insertada. Conforme lo establece la norma ACI-318, la resistencia a cortante se define con la siguiente formula:

$$V_{c,a} = \left[2 * \lambda * \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] * b_w * d$$

Donde:

$V_{c,a}$	Resistencia a cortante del hormigón
λ	Factor para hormigón estándar o ligero
f'_c	Resistencia a compresión del hormigón
N_u	Esfuerzo axil factorizado
A_g	Área de la sección
b_w	Anchura de la sección
d	Profundidad estática eficaz



Diseño de Losas Alivianadas tradicionales de hormigón armado armadura de temperatura

(a) En losas donde se empleen barras corrugadas Grado 300 o 350	0.0020
(b) En losas donde se empleen barras corrugadas o refuerzo electrosoldado de alambre Grado 420	0.0018
(c) En losas donde se utilice refuerzo de una resistencia a la fluencia mayor que 420 MPa, medida a una deformación unitaria de 0.35%	$\frac{0.0018 * 420}{f_y}$

Nota: Adaptado de (American Concrete Institute, 2014, pág. 102)



Diseño de losas postensadas

Clasificación elementos presforzados a flexión

Clase U:	$f_t \leq 0.62\sqrt{f'c}$ en (MPa)	No fisuradas (Uncracked)
Clase T:	$0.62\sqrt{f'c} < f_t \leq \sqrt{f'c}$ en (MPa)	fisuradas (Cracked)
Clase C:	$f_t > \sqrt{f'c}$ en (MPa)	transición (Transition)

Las losas preesforzadas en dos direcciones deben ser diseñadas según recomienda el ACI 318-14 como Clase U



Diseño de losas postensadas

Límite de esfuerzos estado de transferencia

Condición de apoyo	Esfuerzo límite en la fibra de compresión
Extremos de miembros simplemente apoyados	$0.7 f'_{ci}$
Todos los demás apoyos	$0.6 f'_{ci}$

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla 24.5.3.1.

Condición de apoyo	Esfuerzo límite en la fibra de tensión
Extremos de miembros simplemente apoyados	$0.5 f'_{ci} MPa$
Todos los demás apoyos	$0.25 f'_{ci} MPa$

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla 24.5.3.2.



Diseño de losas postensadas

Límite de esfuerzos estado de Servicio

Condición de carga	Límite de esfuerzo a la compresión en el hormigón
Pre esfuerzo adicional carga permanente	$0.45 f'c$
Pre esfuerzo adicional carga muerta	$0.60 f'c$

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla 24.5.4.1.

Condición de Carga	Límite de esfuerzo a la tensión en el hormigón (Clase U)
Esfuerzo a tensión bajo cargas de servicio	$\leq 0.5 \sqrt{f'ci}$

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla R24.5.2.1.



Diseño de losas postensadas

Deflexiones

En los elementos postensados clase U se calcula las deflexiones en base a la inercia geométrica según recomienda el ACI Committee 318, 2014, las deflexiones calculadas máximas no deben exceder las relaciones mostradas en la siguiente tabla:

Miembro	Condición	Deflexión a ser considerada	Deflexión límite
Pisos o techos	Susceptible a daños por deflexiones largas	La parte de la deflexión total que se produce después de la unión de elementos no estructurales, que es la suma de la deflexión a largo plazo debido a toda la carga sostenida y la deformación inmediata debido a cualquier carga adicional	L/480
	Apoyados o unidos a elementos no estructurales	No susceptibles a daños por deflexiones largas	L/240

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla 24.2.2.



Diseño de losas postensadas

Acero máximo acero de preesfuerzo

$$\omega = \frac{A_{ps} * f_{ps} + A_s * f_s - A'_s * f'_s}{b * d_p * f'_c} \leq 0.36\beta_1$$

Donde:

f_{ps} : Esfuerzo último de tensión del acero pre esforzado.

A_{ps} : Área de acero pre esforzado.

acero máximo para el reforzamiento de acero de preesfuerzo como el acero pasivo para evitar falla frágil y asegurar un comportamiento dúctil

Valores de β_1 para distribución de esfuerzos en el hormigón

f'_c [MPa]	β_1
$17 \leq f'_c \leq 28$	0.85
$17 \leq f'_c \leq 55$	$0.85 - \frac{0.05(f'_c - 28)}{7}$
$f'_c \geq 55$	0.65

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla 22.2.2.4.3



Diseño de losas postensadas

Acero mínimo acero de preesfuerzo

Región	f_t : esfuerzo de tensión en el hormigón por flexión	As min
Momento Positivo	$f_t \leq 0.17 \leq \sqrt{f'c}$	No requerido
Pisos o techos	$0.17\sqrt{f'c} < f_t \leq 0.5\sqrt{f'c}$	$\frac{N_c}{b * d_p}$
	$f_t \leq 0.5 \leq \sqrt{f'c}$	$0.00075 A_{cf}$

N_c : Tensión resultante en el hormigón actuando en el área neta de la sección sujeta a esfuerzos de tensión.

A_{cf} : Es el área de sección transversal bruta de losa de dos pórticos equivalentes ortogonales que se intersecan en una columna de una losa bidireccional.

Acero requerido a Cortante

$$V_n = V_c = 0.17\sqrt{f'c} * b * d \text{ en MPa}$$



Diseño de losas postensadas

Pérdidas en el Postensado con Cables no adheridos

- Asentamiento de cuñas en la etapa de transferencia.
- Acortamiento elástico del elemento de hormigón.
- Deformación a largo plazo en el hormigón.
- Encogimiento del hormigón.
- Relajación del acero de pre esfuerzo.

Fricción a lo largo de la trayectoria del tendón.



Diseño de losas postensadas

Estimación del espesor de la losa

Relación Luz/altura (L/h) sugeridos para losas postensadas	
Losa en una dirección	48
Losa en dos direcciones	45
Losa en dos direcciones con paneles descolgados (panel descolgado mínimo por lo menos L/6 c/ lado)	50
losa en dos direcciones con vigas en dos direcciones	55
entramado (5x5 malla)	35
vigas $b = h / 3$	20
vigas $b = 3h$	30
voladizo	20-24

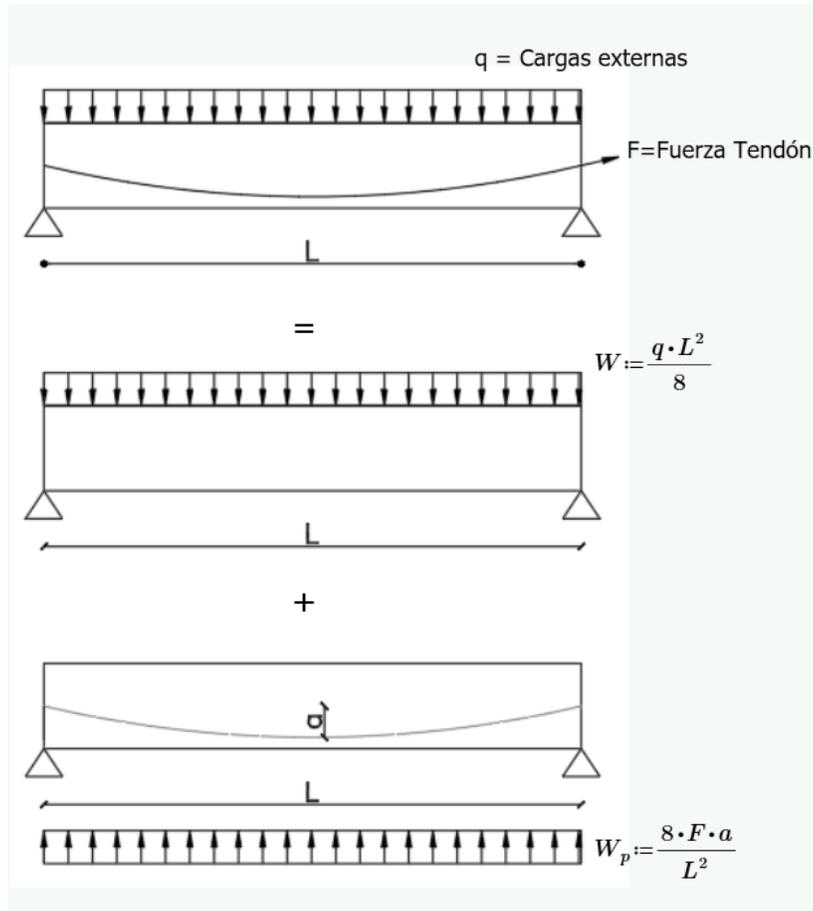
Nota: Tomado de (Post-Tensioning Institute, 2006)

Usado en éste diseño $h_{min} = \frac{L}{55}$



Diseño de losas postensadas

Balanceo de cargas en losas bidireccionales



El método consiste en dividir el elemento que tiene las cargas externas aplicadas y el cable de preesfuerzo en dos diagramas de cuerpo libre.

- el primero con las cargas externas aplicadas.
- el segundo sin el tendón, pero con una carga equivalente que represente la presencia del torón.

la diferencia de los dos diagramas mencionados se denomina diagrama equivalente.

Diseño de losas postensadas

Balanceo de cargas en losas bidireccionales

La carga equivalente para el tendón dependerá de la geometría del cable, las ecuaciones según la forma del tendón son:

TENDON PROFILE	EQUIVALENT LOADS
	<p>Parabola</p> $a = Y_M - \left(\frac{Y_L + Y_R}{2} \right)$ $w_p = \frac{8Fa}{L^2}$ $P_L = \frac{w_p L}{2} + \frac{(Y_R - Y_L)F}{L}$ $P_R = \frac{w_p L}{2} - \frac{(Y_R - Y_L)F}{L}$
	<p>Single-Point Harp</p> $a = Y_M - \left(Y_L + \frac{A}{L}(Y_R - Y_L) \right)$ $P = \frac{FaL}{AB}$ $P_L = \frac{PB}{L} + \frac{(Y_R - Y_L)F}{L}$ $P_R = \frac{PA}{L} - \frac{(Y_R - Y_L)F}{L}$

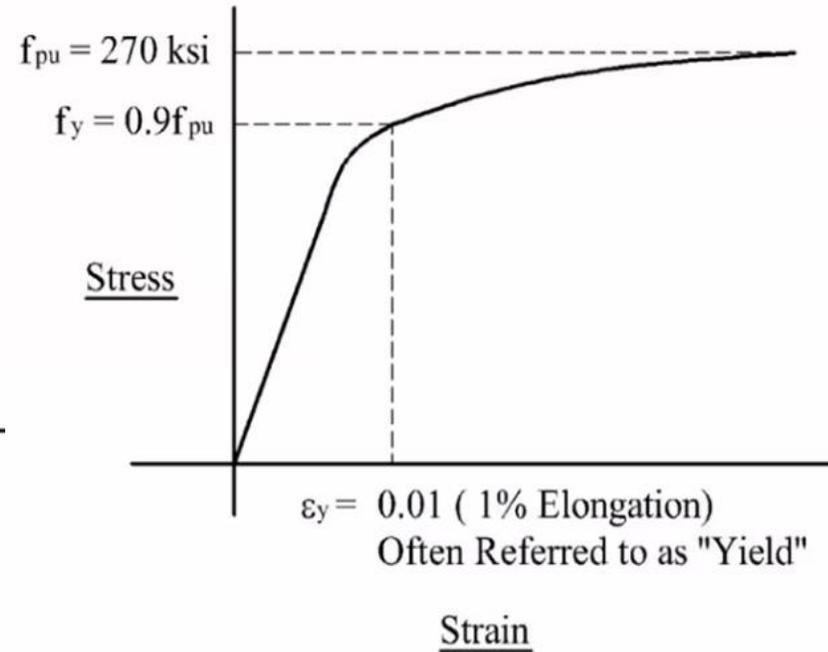
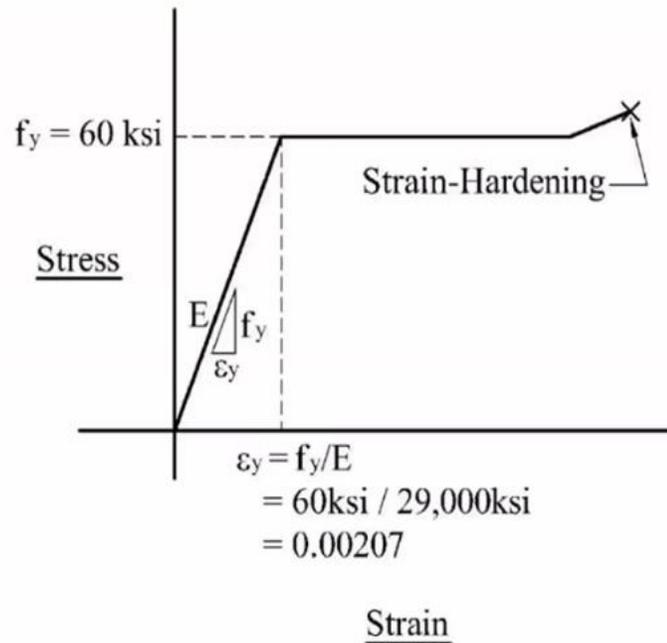
La forma del tendón usada en losas para cargas uniformemente distribuidas es la de la parábola.

la forma con el tendón con trayectoria triangular se usa para cargas puntuales.

Nota: Tabla 5.1. Tomado de (Post-Tensioning Institute, 2006)

Diseño de losas postensadas

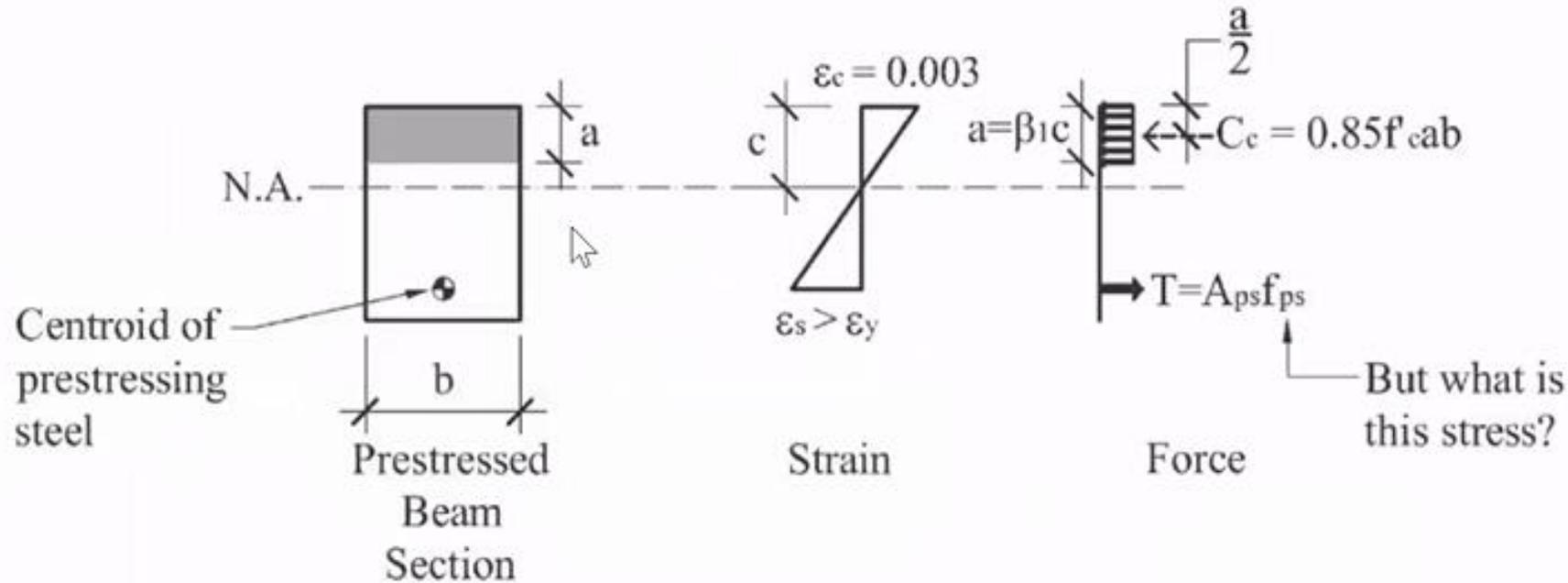
Diagrama esfuerzo deformación para acero convencional y acero postensado



El esfuerzo de fluencia es de 60 ksi, pasada esta deformación unitaria el esfuerzo de fluencia continua siendo el mismo, en el acero de preesfuerzo el f_{pu} es de 270 ksi y se establece que la fluencia es el 1% de la elongación es decir cuando se tiene 0.9 f_{pu} , con lo cual el rango para diseño se encuentra entre 0.9 de f_{pu} y 270 ksi

Diseño de losas postensadas

Diagrama de esfuerzos en secciones preesforzadas



& by setting $C_c = T$; $a = \frac{A_{ps} f_{ps}}{0.85 f'_c b}$

$$a = \frac{f_{ps} * A_{ps} + f_y * A_s}{0.85 * f'_c * b}$$

Donde:

A_{ps} : es el área del acero preesforzado

f_{ps} : es el esfuerzo del cable preesforzado

Diseño de losas postensadas

Valores aproximados de f_{ps} para esfuerzos de flexión por tendones no adheridos

l_n/h		f_{ps}
≤ 35	The least of: <small>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</small>	$f_{se} + 10,000 + f'c/(100\rho_p)$
		$f_{se} + 60,000$
		f_{py}
> 35	The least of: <small>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</small>	$f_{se} + 10,000 + f'c/(300\rho_p)$
		$f_{se} + 30,000$
		f_{py}

Nota: Tomada de ACI 318-14 Tabla 20.3.2.4.1

El f_{se} es el esfuerzo efectivo después de las pérdidas igual a 12 toneladas o 175 ksi y ρ_p se define como:

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b * d_p}$$

Donde:

A_{ps} : es el área del acero preesforzado

b : es el ancho de la fibra en compresión

d_p : es la distancia de la fibra extrema

hasta el centroide del cable de

preesfuerzo.



Diseño de losas postensadas

Momento de demanda

$$\phi Mn = 0.9 \left[f_{ps} * A_{ps} * \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + f_y * A_s * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

En elementos postensados con apoyos intermedios, el momento de demanda es igual al momento último obtenido con las combinaciones de cargas de servicio más un momento secundario:

$$M_{demanda} = M_u + M_2$$

Donde:

Mu: momento calculado con las combinaciones de carga

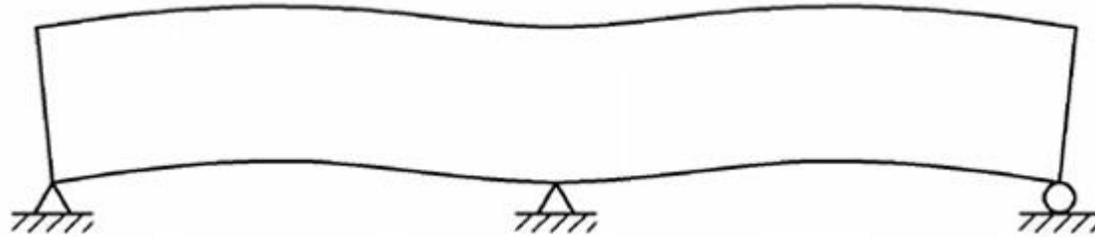
M2: es el momento secundario producido por la acción del cable de preesfuerzo.



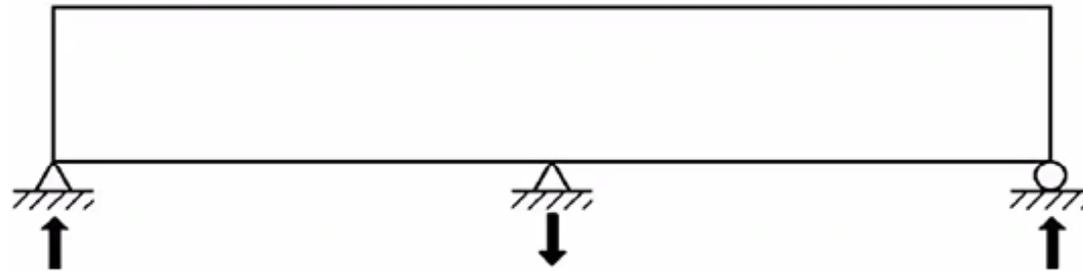
Diseño de losas postensadas

Deformación por la acción del preesfuerzo

La deformación debida al postensado en elementos con apoyos intermedios se puede interpretar como se indica en la siguiente imagen.

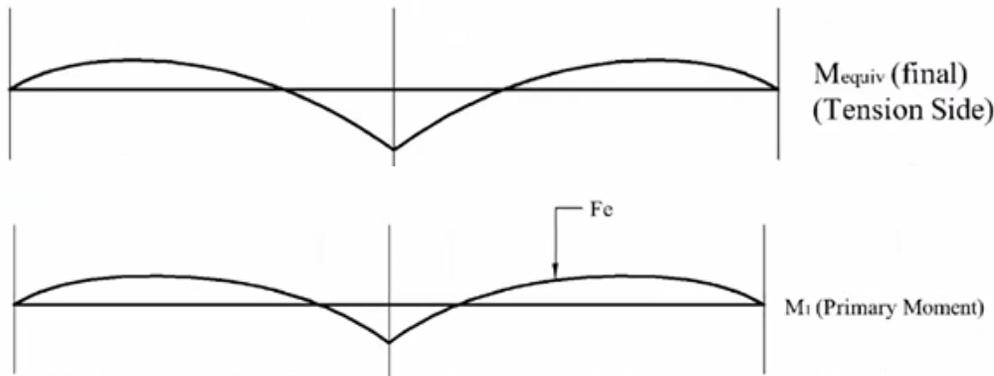
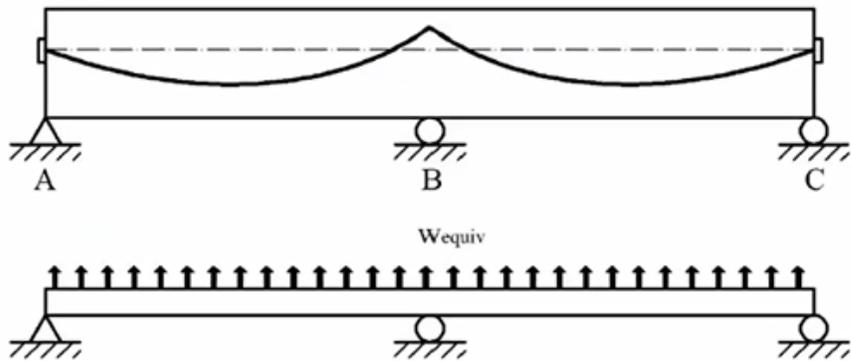


Reacciones en los apoyos intermedios debido a la acción del preesfuerzo.



Diseño de losas postensadas

Diagrama de momentos de balanceo producido por la carga equivalente.



La diferencia entre el momento de balanceo y el momento primario produce un diagrama de momentos de tipo lineal dicho momento es el momento denominado M2.

$$M_{balanceo} = M_1 + M_2$$

$$M_2 = M_{balanceo} - M_1$$

Donde:

$M_{balanceo}$: momento de balanceo

M1: Momento Primario

M2: Momento secundario

$$M1 = F * e$$

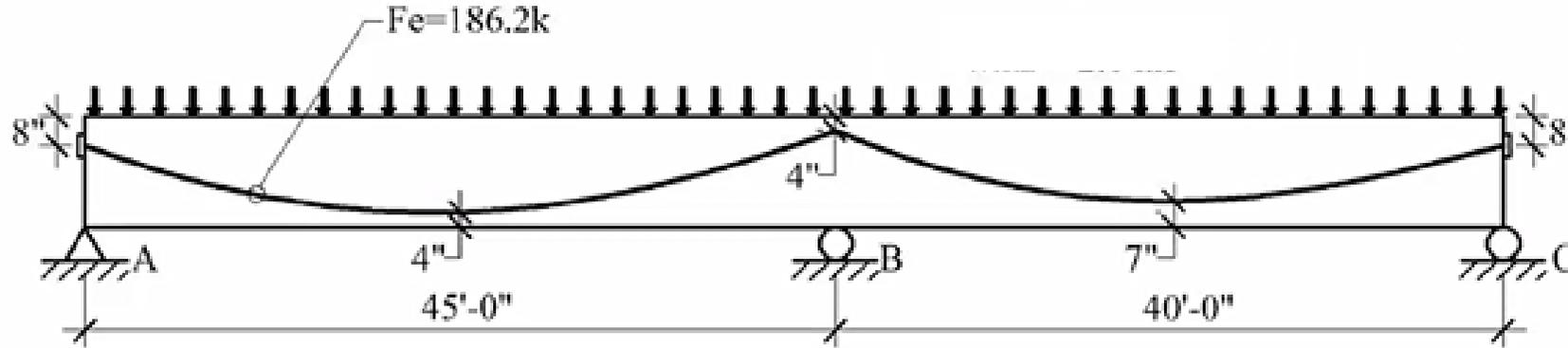
Donde:

F: fuerza en cable de preesfuerzo

e: excentricidad medida entre el centro de gravedad de la sección y la posición del cable según la sección de análisis.

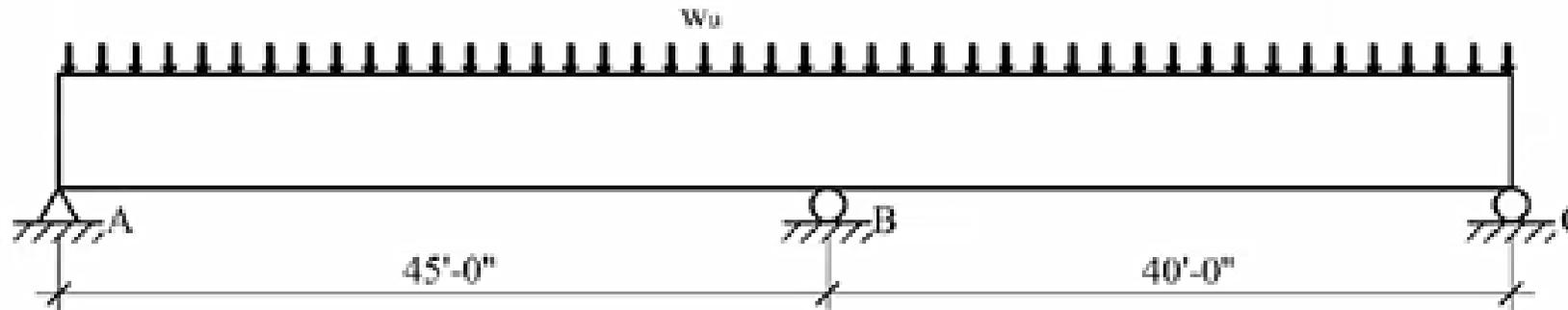
Diseño de losas postensadas

Resumen del procedimiento.



Mayoración de cargas

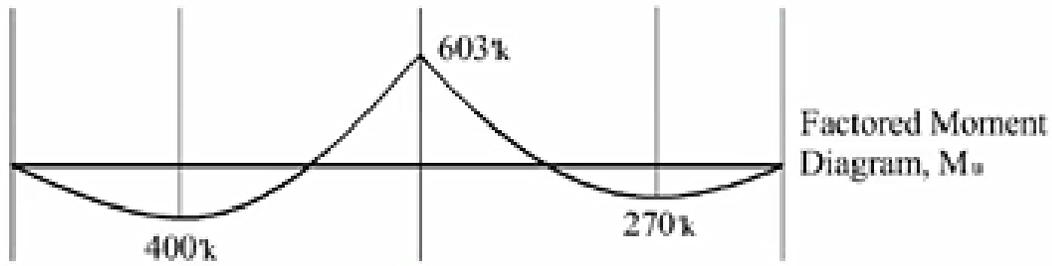
$$w_u = 1.2(1.4klf) + 1.6(0.60klf) = 2.64klf$$



Diseño de losas postensadas

Resumen del procedimiento.

Diagrama de momentos por cargas ultimas

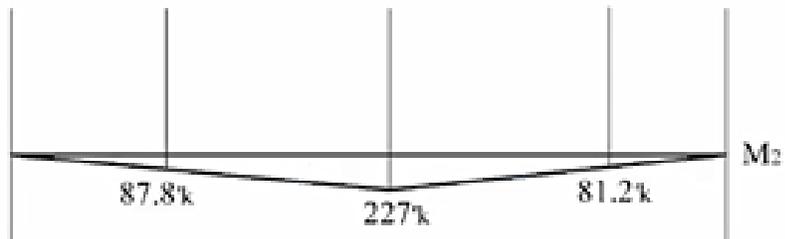


Se calcula el momento último producido por las cargas mayoradas y la carga equivalente producida por el cable de preesfuerzo.

$$M_{demand} = M_u + M_2$$



Diagrama de momento secundario M_2



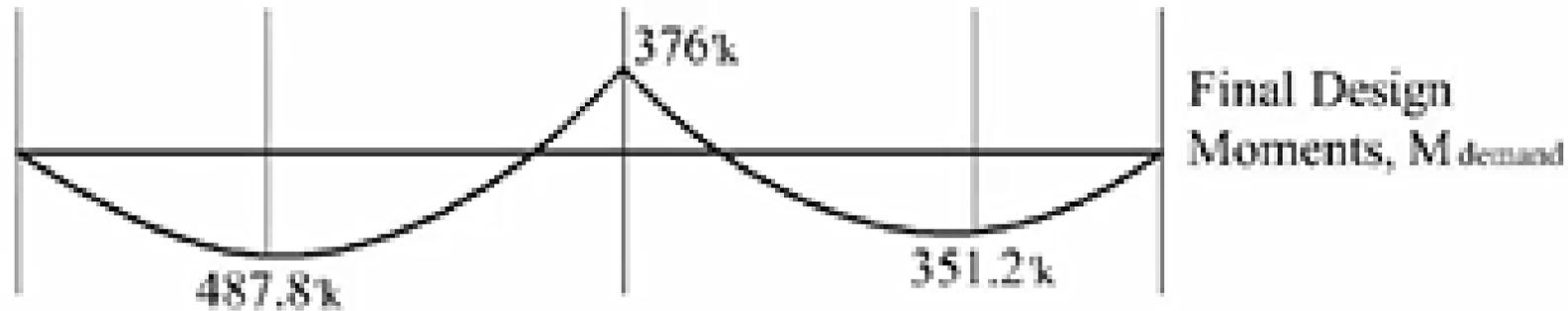
Se calcula el diagrama de momento M_2 producido por el momento de balanceo más el momento primario producido por la excentricidad del cable a lo largo de su trayectoria con respecto al eje neutro.



Diseño de losas postensadas

Resumen del procedimiento.

Diagrama de momento de demanda para diseño



Se observa en el diagrama de momento de demanda, el momento M_2 reduce el momento sobre el apoyo intermedio, aunque aumenta el momento en los apoyos extremos con respecto al diagrama de momentos de balanceo, por lo que sería un error calcular el refuerzo sin tomar en cuenta el momento M_2 , ya que se sobredimensionaría el refuerzo en el apoyo intermedio el refuerzo en los apoyos extremos sería insuficiente.

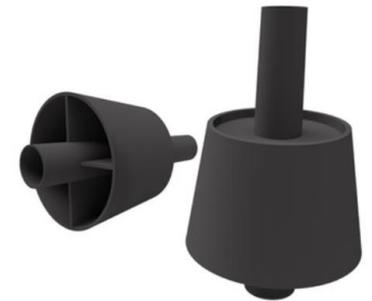
Dispositivos del postensado

Cable para Postensado (Adherido / No adherido)

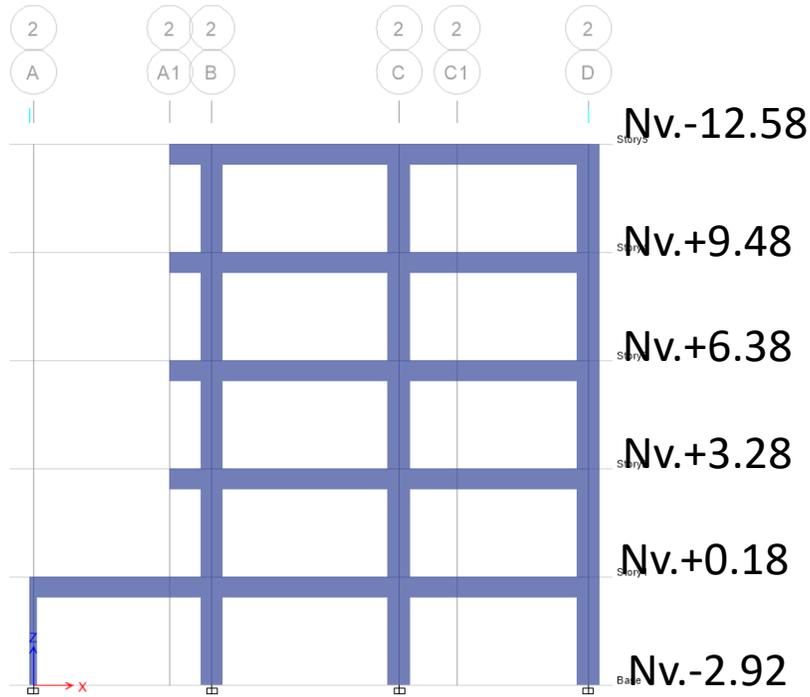


Nota: Tomado de (Ideal Alambrec Bekaert, 2021)

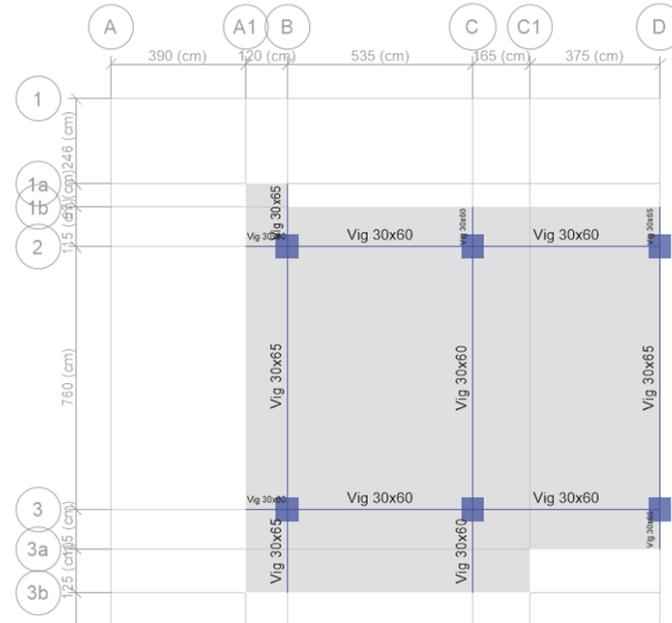
cables compuestos por 7 alambre trenzados y colocados dentro de una chaqueta plástica que los protege de la corrosión cuya resistencia última es de 270 ksi.



Diseño estructural del edificio en hormigón armado



Elevación Tipo de la estructura



Planta Tipo de la estructura

Ubicación: provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Tumbaco.

Uso: residencial.

Sistema sismo resistente:
Pórticos especiales de hormigón armado, con vigas descolgadas.

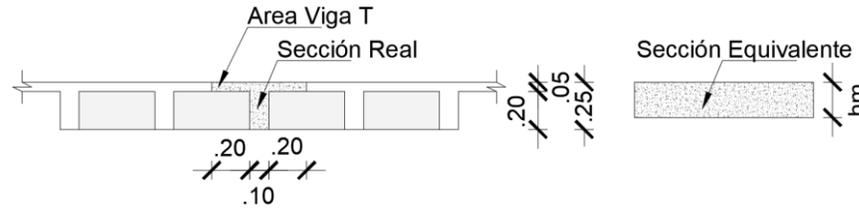
Se aplicará la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015 y el Reglamento ACI 318-14.

- Resistencia del hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Esfuerzo de fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Predimensionamiento de Losas

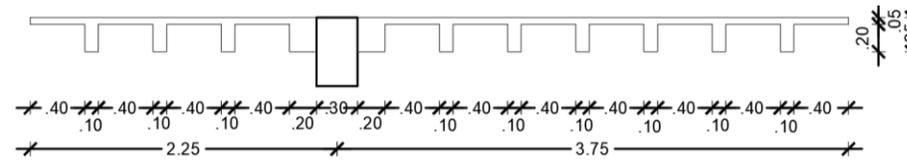
Losas Equivalentes



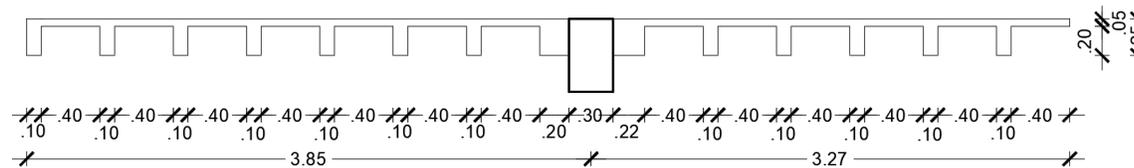
$$I_{viga} = \frac{b * h^3}{12} \quad I_{losa} = \frac{bl * hm^3}{12}$$

$$\alpha B = \frac{I_{viga}}{I_{losa}}$$

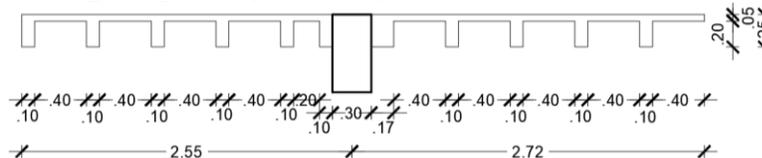
Cálculo de los valores de α para los 4 bordes de Losa
Viga Eje 2 (30x50)



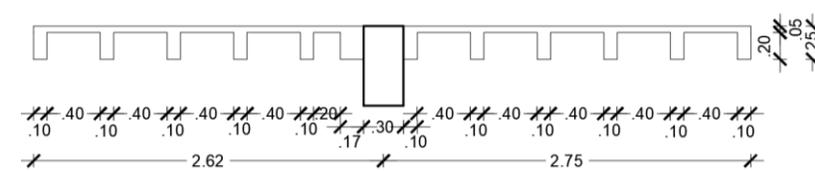
Viga Eje 3 (30x50)



Viga Eje B (30x60)



Viga Eje C (30x60)

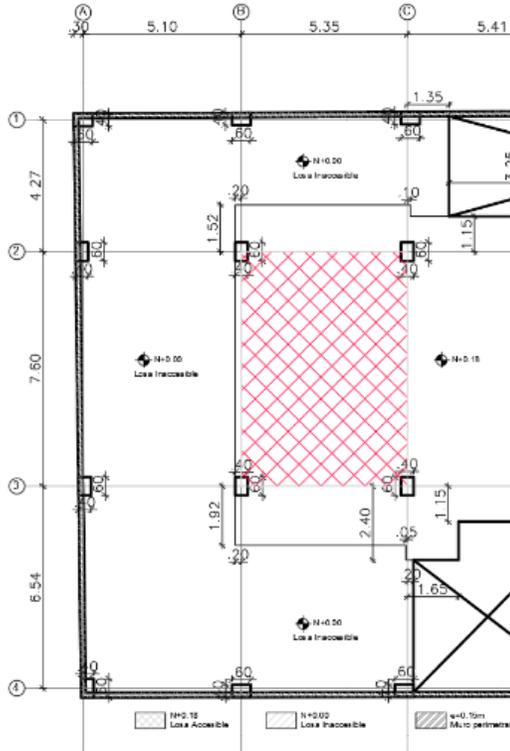


$$\alpha_m = \frac{\alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_B + \alpha_C}{4}$$

$$h_{min} = \frac{Ln * (800 + 0.0712 * fy)}{36000 + 5000 * \beta * (\alpha_m - 0.2)}$$

$$h_m > h_{min}$$

$$18.06 \text{ cm} > 17.4 \text{ cm}$$



paño comprendido entre los Ejes (B-C) - (2-3)

Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Predimensionamiento de Vigas

Factor para considerar la acción sísmica

$$f = 1.60$$

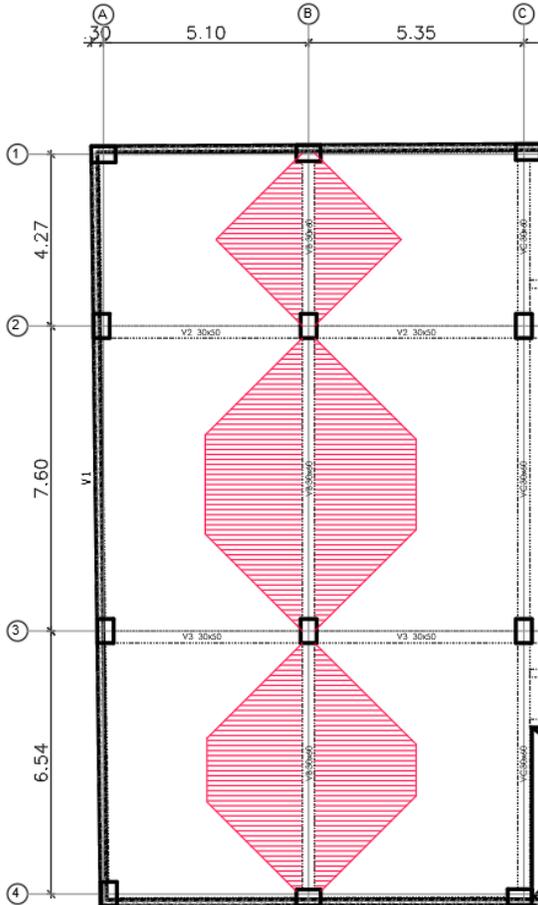
Carga permanente
= Enlucido + Masillado + Recubrimiento_{piso}

$$+ \text{Peso}_{\text{mamposteria}} = 332 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

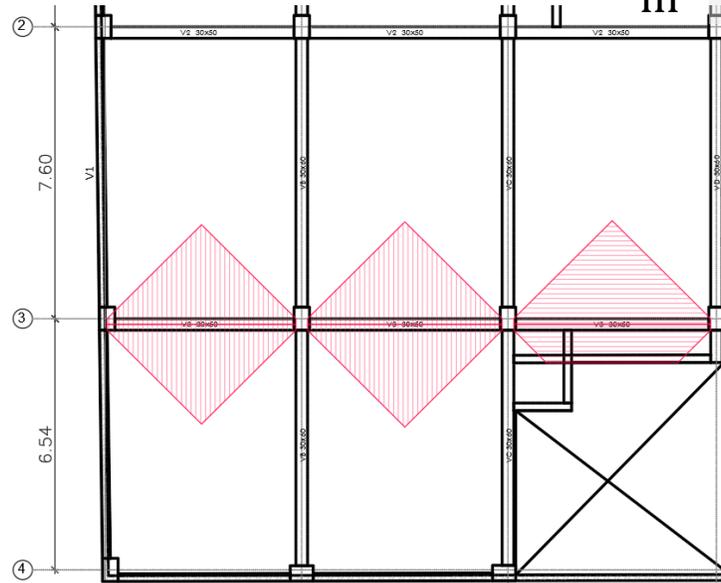
$$\text{Carga viva} = 204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$C_{\text{última}} = f * (1.2 * C_m + 1.6 * C_v) = 2.176 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$= 2.176 \frac{T}{\text{m}^2}$$



Mosaico de cargas viga Eje B
VIGA 30X60



Mosaico de cargas Viga Eje 3
VIGA 30x45

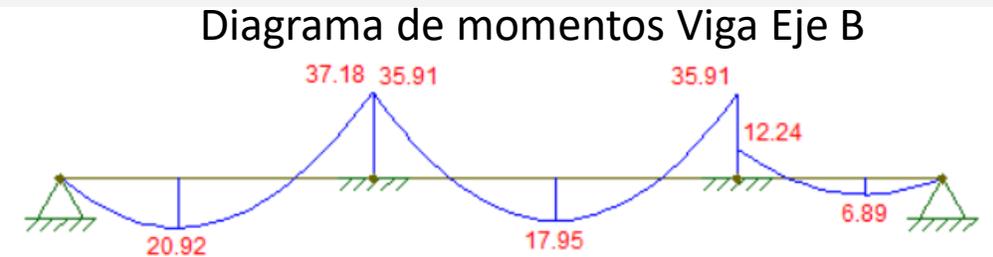


Diagrama de momentos Viga Eje B



Diagrama de momentos Viga Eje 3

$$d = \sqrt[2]{\frac{M_u}{\phi * Ru * b}}$$

$f'c$ (kg/cm ²)	Ru (kg/cm ²)
280	52.96

Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Predimensionamiento de Columnas

En el artículo Análisis de conexiones viga columna de acuerdo al código ACI 318SR-05 (Aguiar et al., Análisis de conexión Viga- Columna de acuerdo al código ACI 318RS--05) indica que:

El diseño de las conexiones viga columna es considerado el aspecto más crítico dentro del diseño de un edificio de hormigón armado situado en zonas de alto riesgo sísmico, sobre todo en aquellas estructuras que carecen de diafragmas u elementos similares capaces de disipar la fuerza sísmica.

Resistencia al cortante horizontal aplicado al nudo B-3

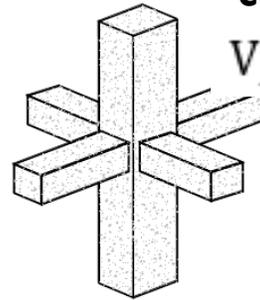
cálculo del área de acero Viga B y Viga 3

$$A_{s_{vB}} = \frac{0.85 * f'c * b_{vB} * d_{vB}}{f_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu_{vB}}{0.9 * 0.85 * f'c * b_{vB} d_{vB}^2}} \right) = 20.505 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{v3}} = \frac{0.85 * f'c * b_{v3} * d_{v3}}{f_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu_{v3}}{0.9 * 0.85 * f'c * b_{v3} d_{v3}^2}} \right) = 14.06 \text{ cm}^2$$

$$Mu_{vB} = 37.18 \text{ T} * \text{m}$$

$$Mu_{v3} = 18.53 \text{ T} * \text{m}$$



a) Interior

cortante actuante en el nudo en el sentido de la viga B

$$V_{j_{vB}} = 2 * (A_{s_{vB}} * 1.25 * f_y) - v_{col_{B3}} = 1.913 * 10^5 \text{ kg}$$

cortante actuante en el nudo en el sentido de la viga 3

$$V_{j_{v3}} = 2 * (A_{s_{v3}} * 1.25 * f_y) - v_{col_{B3}} = 1.357 * 10^5 \text{ kg}$$

cortante resistente en el nudo en el sentido de la viga B

$$A_{j_{CB3}} = 60 \text{ cm} * 40 \text{ cm} = 2.4 * 10^3 \text{ cm}^2$$

$$V_{n_{B3}} = 5.3 * \sqrt{f'c * 1 * \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * A_{j_{CB3}} = 2.128 * 10^5 \text{ kg}$$

cortante resistente en el nudo en el sentido de la viga 3

$$A_{j_{CB3}} = 40 \text{ cm} * 60 \text{ cm} = 2.4 * 10^3 \text{ cm}^2$$

$$V_{n_{B3}} = 5.3 * \sqrt{f'c * 1 * \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * A_{j_{CB3}} = 2.128 * 10^5 \text{ kg}$$



Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Resumen de Cargas y secciones

Cargas gravitacionales

TIPO	CARGA (kg/m ²)
Sobre carga Permanente de entrepiso	332
Sobre carga Permanente de cubierta	104
Peso Propio Estructura	ETABS
Carga Viva de entrepiso	204
Carga Viva de cubierta	102

Dimensiones de los elementos de la estructura

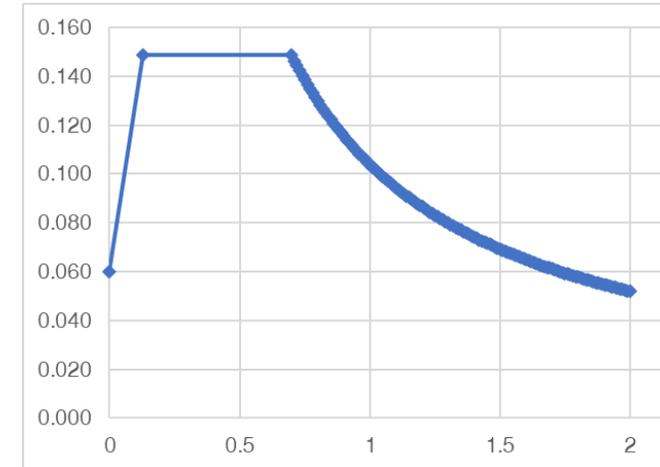
Viga Eje	Sección	Nivel
Eje B	30x60	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48;+12.58
Eje C	30x60	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48;+12.58
Eje D	30x60	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48;+12.58
Eje E	30x60	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48
Eje F	30x60	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48
Eje G	30x60	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48
Eje 2	30x45	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48;+12.58
Eje 3	30x45	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48;+12.58
Columnas	60x40	+0.18;+3.28;+6.38;+9.48;+12.58
Losa	e=25cm alivianada equivalente a 18.06cm maciza	

Carga Sísmica

$$T = C_t * h_n^\alpha = 0.53 \text{seg}$$

Parámetro	Valor
h_n	12.40 m
C_t	0.055
α	0.90

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_p * \phi_e} * W = 0.184 * W$$



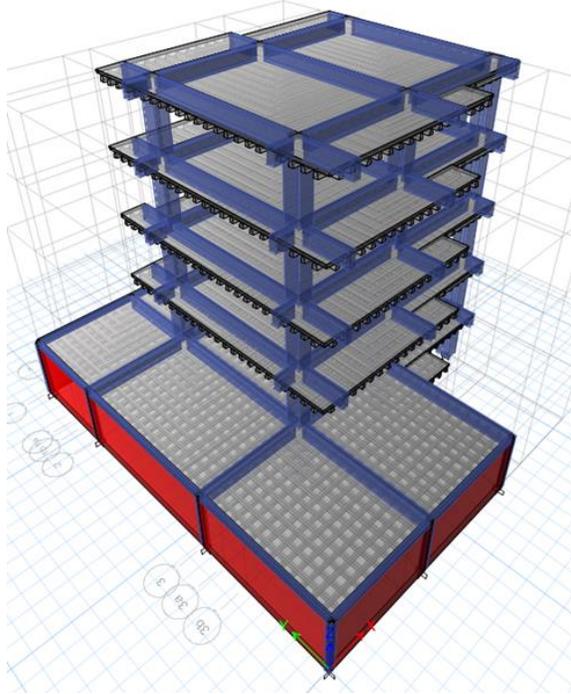
Parámetro	Valor	Observaciones
Zona sísmica	V	Tumbaco
Valor factor Z	0.40	
F_a	1.20	
F_d	1.19	
F_s	1.28	
η	2.48	Provincias de la sierra
r	1	Para todos los suelos excepto tipo E
Importancia	1	Estructura de Vivienda
Respuesta estructural R	8	
Irregularidad en planta ϕ_p	0.9	
Irregularidad en elevación ϕ_e	0.9	

$$s_a = \eta * Z * F_a = 1.19$$

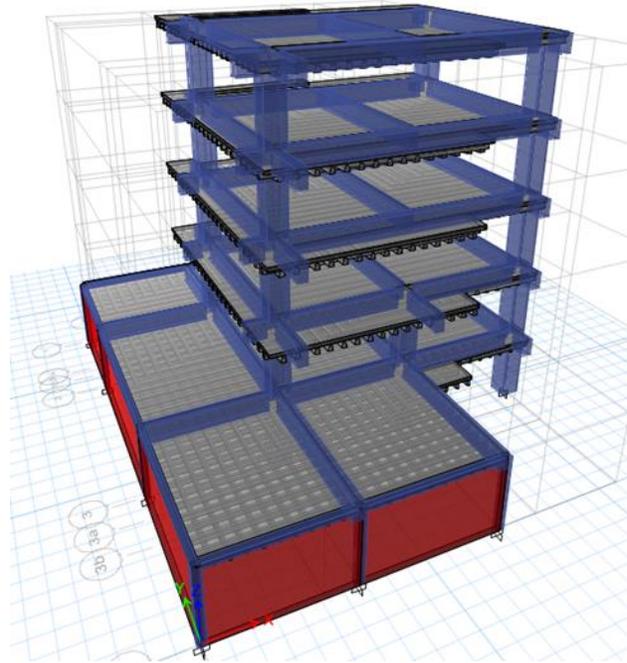


Diseño estructural del edificio en hormigón armado

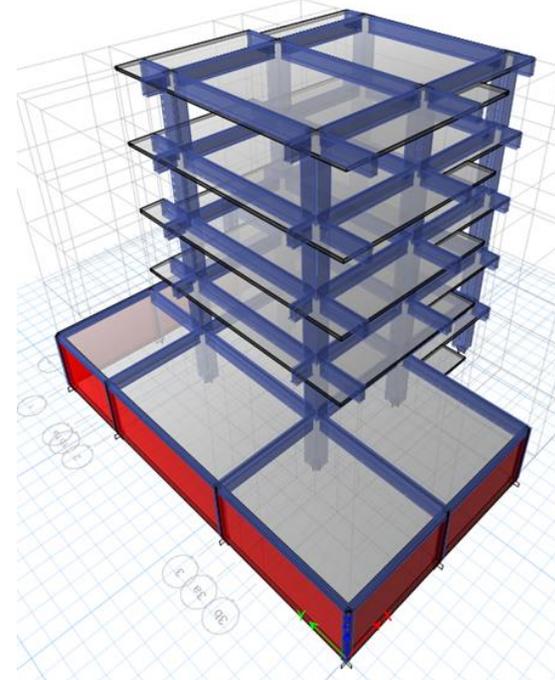
Modelos de Análisis



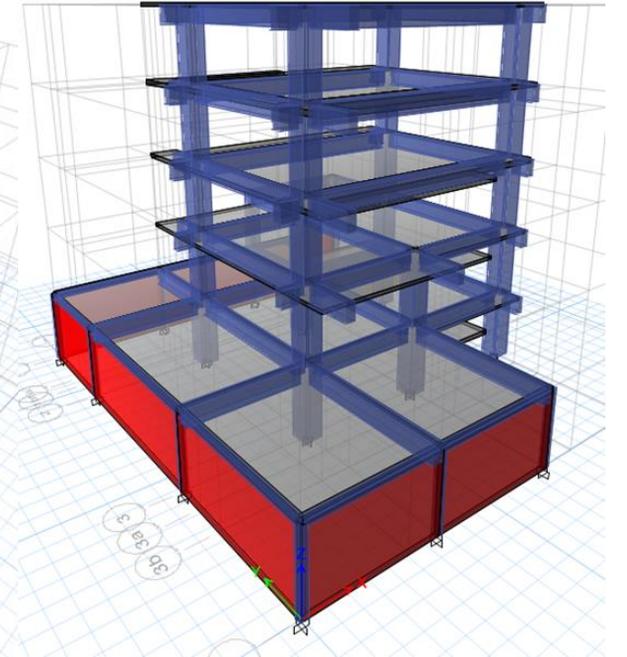
Modelo con vigas y
columnas del eje C
Losas alivianada $e=25\text{cm}$



Modelo sin vigas y
columnas del eje C
Losas alivianada $e=25\text{cm}$
Viga intermedia



Modelo con vigas y
columnas del eje C
Losas Postensada $e=14\text{cm}$

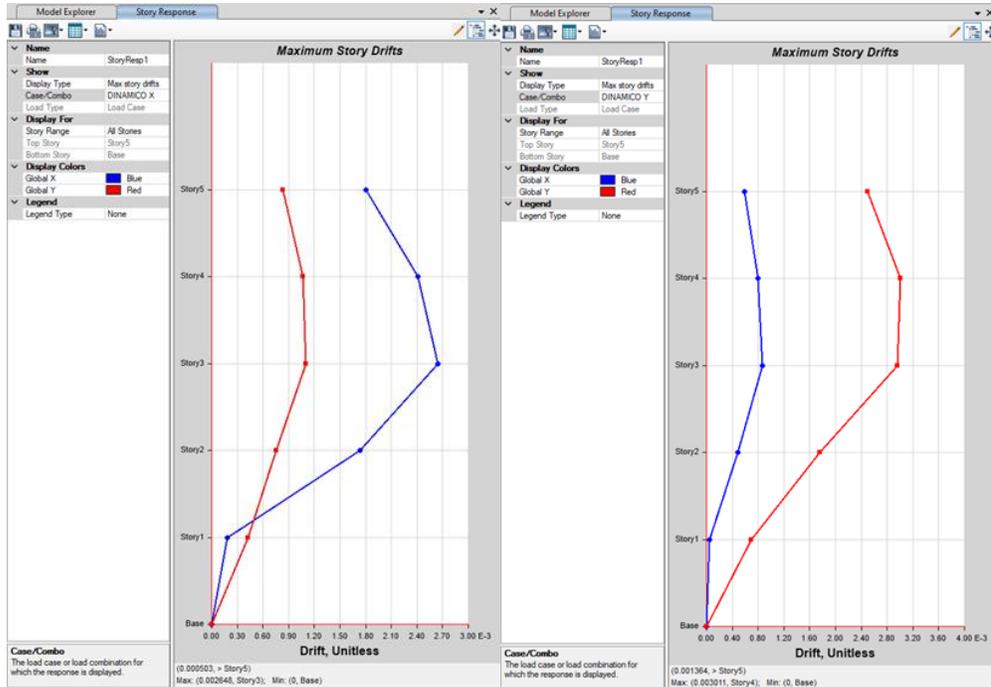


Modelo sin vigas y
columnas del eje C
Losas postensada $e=25\text{cm}$ y
 19cm sin viga intermedia

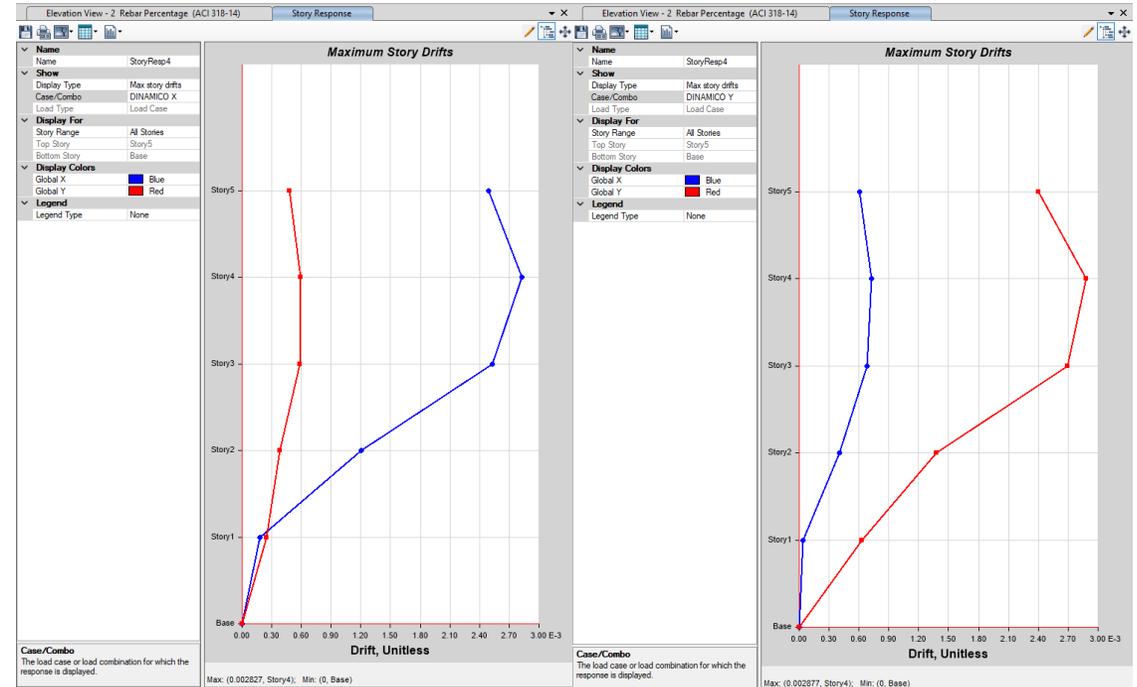


Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Derivas Losa alivianadas



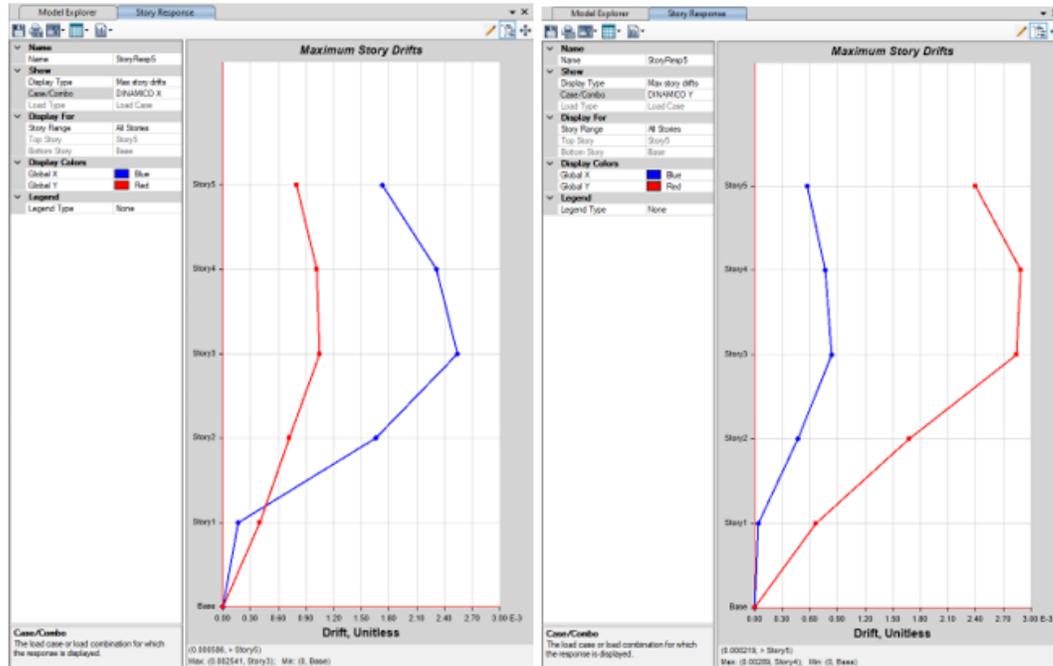
Deriva para caso dinámico
 $X=0.002648 \times 0.75 \times 8=0.016$
 $Y=0.003012 \times 0.75 \times 8=0.018$



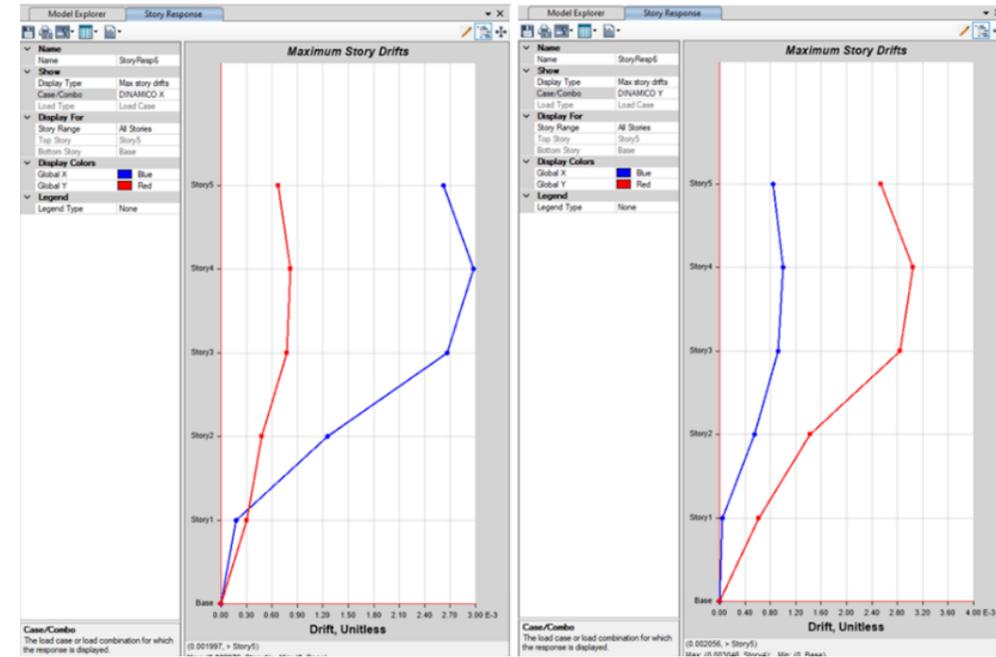
Deriva para caso dinámico
 $X=0.002827 \times 0.75 \times 8=0.017$
 $Y=0.002877 \times 0.75 \times 8=0.017$

Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Derivas Losas postensadas



Deriva para caso dinámico
 $X=0.002541 \times 0.75 \times 8 = 0.015$
 $Y=0.002890 \times 0.75 \times 8 = 0.017$



Deriva para caso dinámico
 $X=0.002976 \times 0.75 \times 8 = 0.018$
 $Y=0.003046 \times 0.75 \times 8 = 0.018$

Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Cortante Basal

Cortante basal dinámico vs estático modelo losa alivianada e=25cm con vigas y columnas eje C

Story	Output Case	Case Type	Location	VX kgf	VY kgf
Story1	Sismo X	LinStatic	Top	-72218.84	0
Story1	Sismo X	LinStatic	Bottom	-72218.84	0
Story1	Sismo Y	LinStatic	Top	0	-72218.84
Story1	Sismo Y	LinStatic	Bottom	0	-72218.84
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Top	61051.83	8807.86
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Bottom	61051.83	8807.86
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Top	8185.69	61162.78
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Bottom	8185.69	61162.78
				-85%	-85%

Cortante basal dinámico vs estático modelo losa postensada e=14cm con vigas y columnas eje C

Story	Output Case	Case Type	Location	VX kgf	VY kgf
Story1	Sismo X	LinStatic	Top	-69487.62	0
Story1	Sismo X	LinStatic	Bottom	-69487.62	0
Story1	Sismo Y	LinStatic	Top	0	-69487.62
Story1	Sismo Y	LinStatic	Bottom	0	-69487.62
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Top	58913.32	8498.05
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Bottom	58913.32	8498.05
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Top	7897.76	59011.37
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Bottom	7897.76	59011.37
				-85%	-85%

Cortante basal dinámico vs estático modelo losa alivianada e=25cm sin columnas eje C con vigas intermedias

Story	Output Case	Case Type	Location	VX kgf	VY kgf
Story1	Sismo X	LinStatic	Top	-53864.91	0
Story1	Sismo X	LinStatic	Bottom	-53864.91	0
Story1	Sismo Y	LinStatic	Top	0	-53864.91
Story1	Sismo Y	LinStatic	Bottom	0	-53864.91
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Top	48566.74	16876.95
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Bottom	48566.74	16876.95
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Top	14506.12	47156.75
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Bottom	14506.12	47156.75
				-91%	-88%

Cortante basal dinámico vs estático modelo losa postensada e=14cm: e=19cm sin columnas v vigas eje C

Story	Output Case	Case Type	Location	VX kgf	VY kgf
Story1	Sismo X	LinStatic	Top	-82406.24	0
Story1	Sismo X	LinStatic	Bottom	-82406.24	0
Story1	Sismo Y	LinStatic	Top	0.00005292	-82406.24
Story1	Sismo Y	LinStatic	Bottom	0.00005292	-82406.24
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Top	70191.41	12466.27
Story1	DINAMICO X	LinRespSpec	Bottom	70191.41	12466.27
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Top	12159.22	70155.22
Story1	DINAMICO Y	LinRespSpec	Bottom	12159.22	70155.22
				-85%	-85%

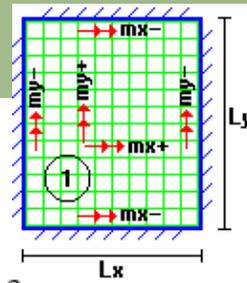


Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas alivianadas e= 25cm

Armadura mínima

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.00333$$



Cargas de diseño

Cargas		
Pp Losa	388.80	kg/m ²
Carga Permanente	332.00	kg/m ²
Carga Viva	204.00	kg/m ²
Carga Ultima (1.4D+1.6L)	1335.52	kg/m ²

Volados de losas

Losa	Nivel	Asy (-) cm ² /m	Asy (-) cm ² /nervio
C-D-3-3b	P1 Nv+0.18	1.92	1 fi de 10 + 1 fi de 12
C-D-3-3a	P1 Nv+0.18	0.29	1 fi de 10
B-C-1a-2	P2 Nv+3.28	0.96	1 fi de 10 + 1 fi de 10
B-C-3-3b	P2 Nv+3.28	1.58	1 fi de 10 + 1 fi de 12
A1-B-1a-3b	P2 Nv+3.28	0.59	1 fi de 10
B-C-1a-2	P3 Nv+6.38	0.96	1 fi de 10 + 1 fi de 10
B-C-1a-2	P3 Nv+6.38	0.54	1 fi de 10
B-C-3a-3b	P3 Nv+6.38	1.58	1 fi de 10 + 1 fi de 12
C-C1-3a-3b	P3 Nv+6.38	1.92	1 fi de 10 + 1 fi de 12
B-C-1a-2	P4 Nv+9.48; P5 Nv+12.58	1.41	1 fi de 10 + 1 fi de 10
C-D-1b-2	P4 Nv+9.48; P5 Nv+12.58	0.54	1 fi de 10
B-C-3a-3b	P4 Nv+9.48; P5 Nv+12.58	1.10	1 fi de 10 + 1 fi de 10

Paños Interiores

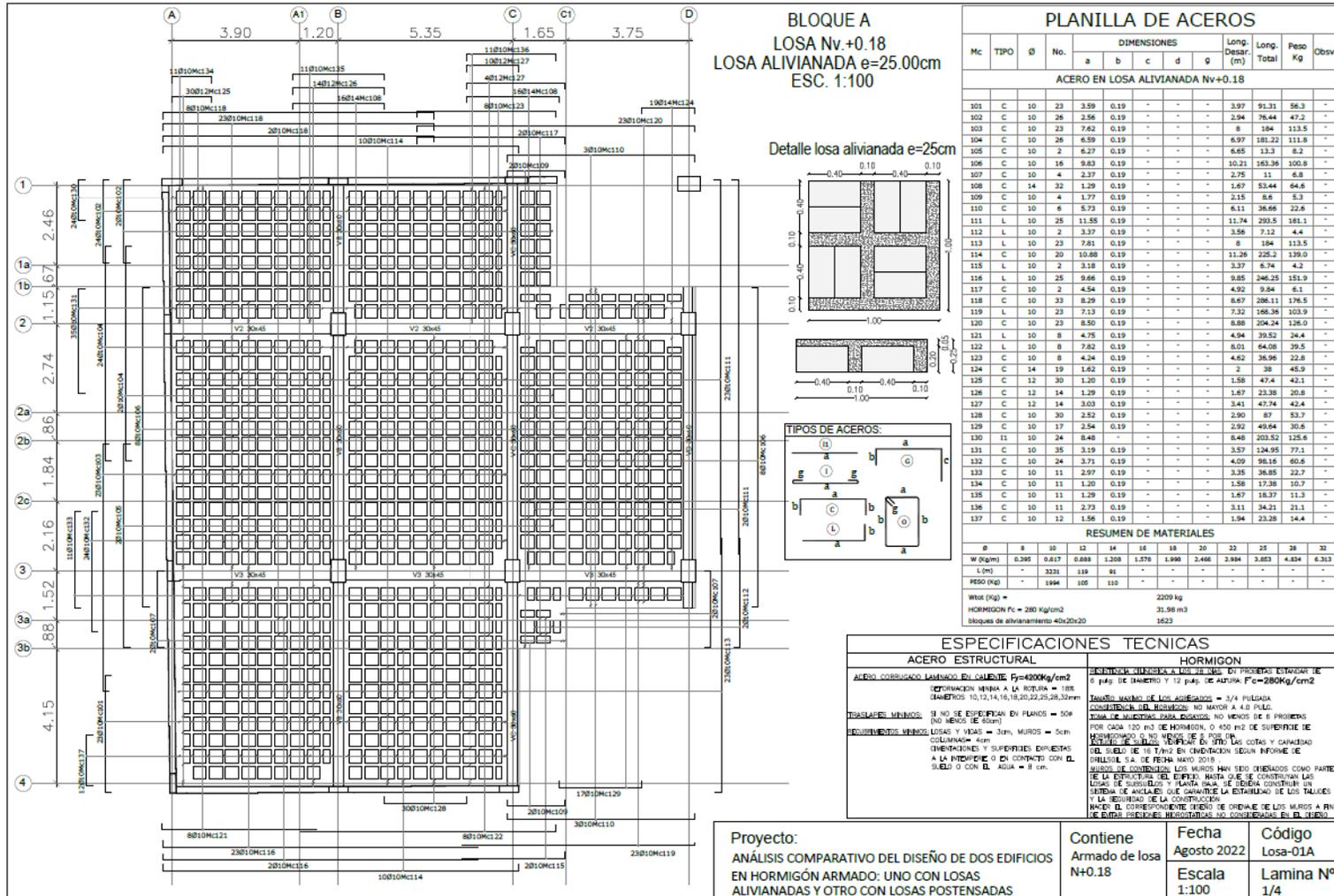
$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d = 0.00333 * 20 * 22 = 1.47 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 0.74 \frac{\text{cm}^2}{\text{nervio}}$$

Losa	Nivel	Asy (-) cm ² /m	Asy (+) cm ² /m	Asx (-) cm ² /m	Asx (+) cm ² /m	Asy (-) cm ² /nervio	Asy (+) cm ² /nervio	Asx (-) cm ² /nervio	Asx (+) cm ² /nervio
B-C-2-3	P1 Nv+0.18; P2 Nv+3.28; P3 Nv+6.38; P4 Nv +9.48; P5 Nv+12.58	2.08	0.99	1.36	0.36	1 fi de 10 + 1 fi de 14	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
C-D-2-3	P1 Nv+0.18; P2 Nv+3.28; P3 Nv+6.38; P4 Nv +9.48; P5 Nv+12.58	2.13	1.01	1.39	0.37	1 fi de 10 + 1 fi de 14	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
A-B-1-2	P1 Nv+0.18	1.15	0.55	0.87	0.31	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
B-C-1-2	P1 Nv+0.18	1.15	0.56	0.87	0.31	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
A-B-2-3	P1 Nv+0.18	1.91	0.92	1.21	0.31	1 fi de 10 + 1 fi de 12	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
A-B-3-4	P1 Nv+0.18	1.72	0.82	1.26	0.41	1 fi de 10 + 1 fi de 12	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
B-C-3-4	P1 Nv+0.18	1.82	0.85	1.40	0.50	1 fi de 10 + 1 fi de 12	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10
C-D-1-2	P2 Nv+3.28	1.17	0.56	0.87	0.30	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10	1 fi de 10 + 1 fi de 10	1 fi de 10



Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas alivianadas e= 25cm



Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas postensadas e= 14cm

Predimensionamiento

$$\frac{L}{D} = \frac{7.30}{55} = 0.133 \text{ m}$$

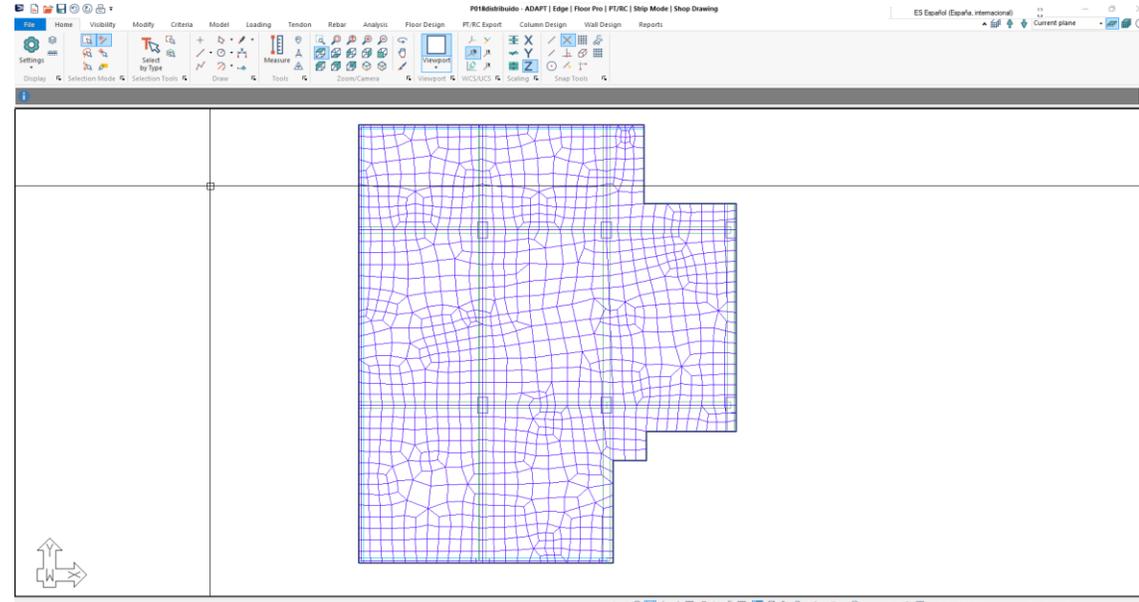
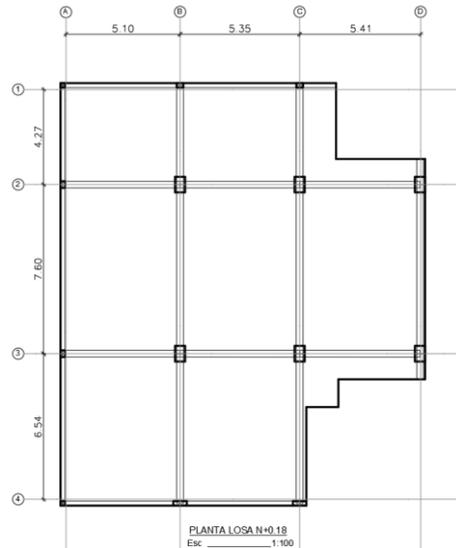
$$\frac{L}{D} = \frac{10.43}{55} = 0.190 \text{ m}$$

Cargas de diseño

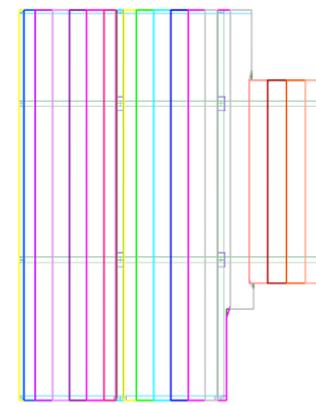
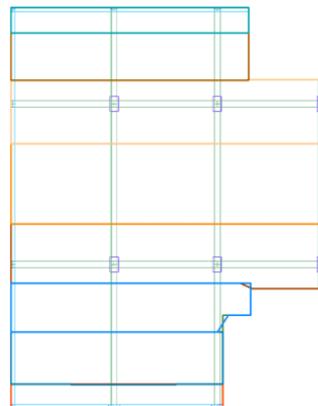
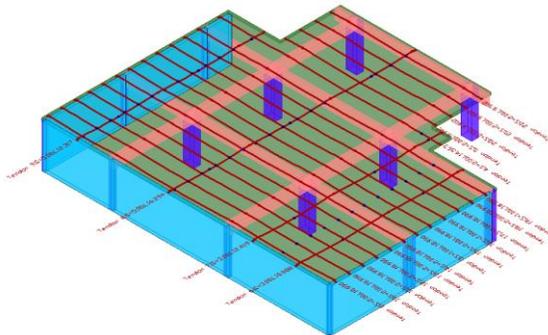
Cargas

Carga Permanente	332	kg/m ²
Carga Viva	204	kg/m ²

Planta Nivel.+0.18



Áreas Tributarias



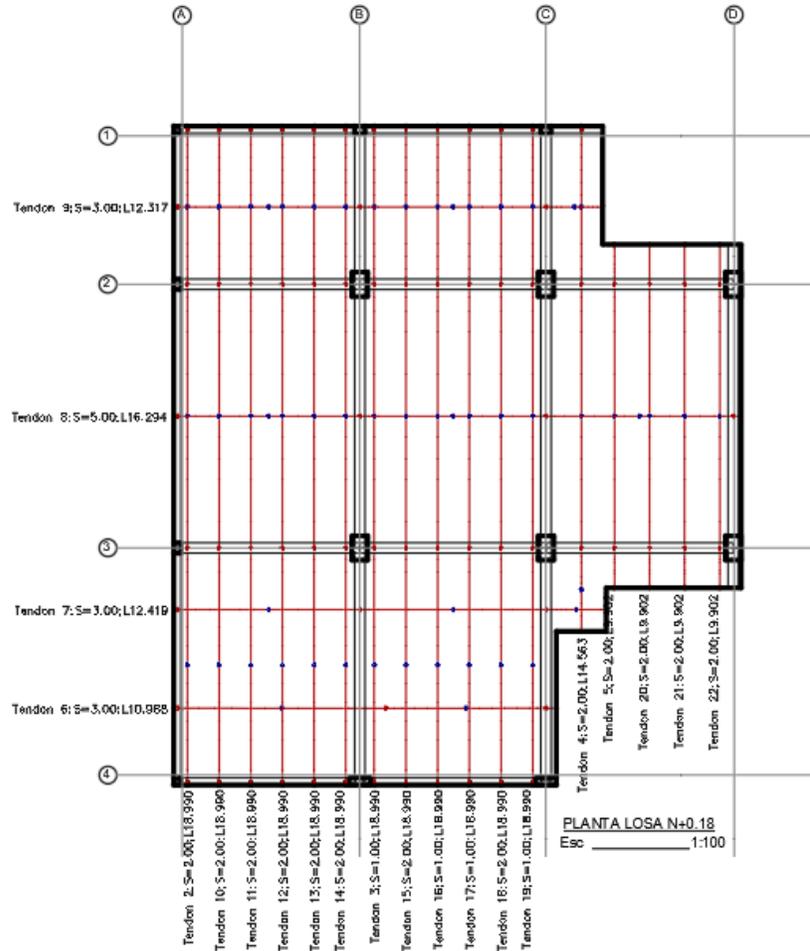
Tomado del software ADAP-Builder.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

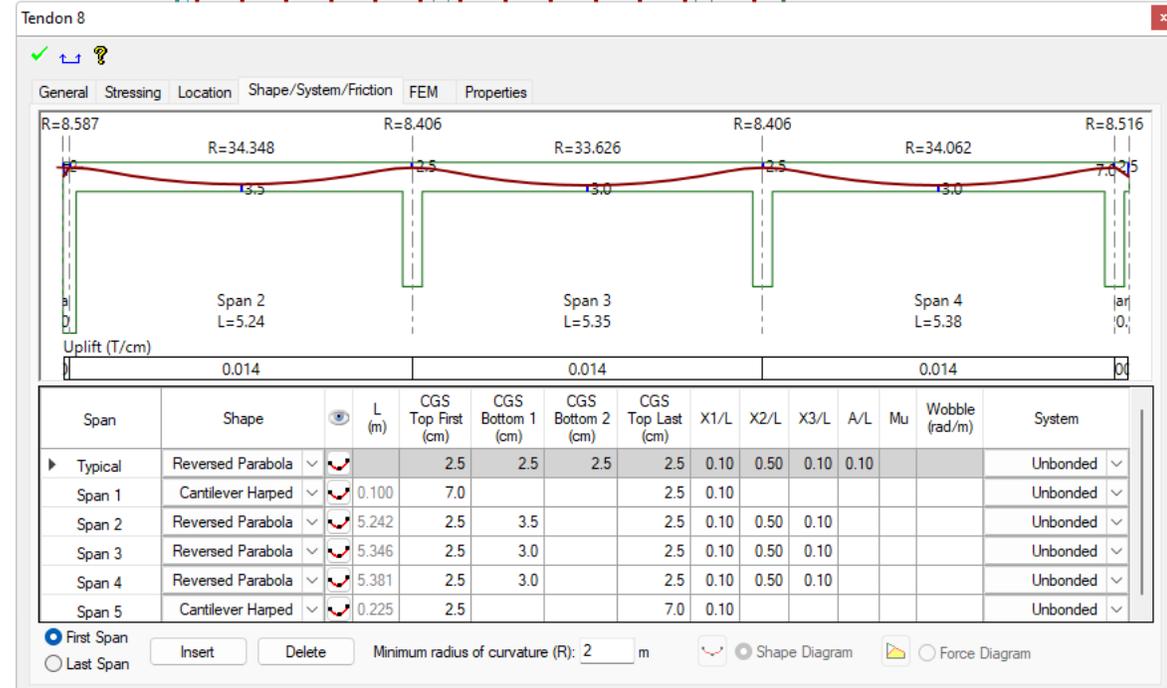
Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas postensadas e= 14cm



Tendones sentido X y sentido Y

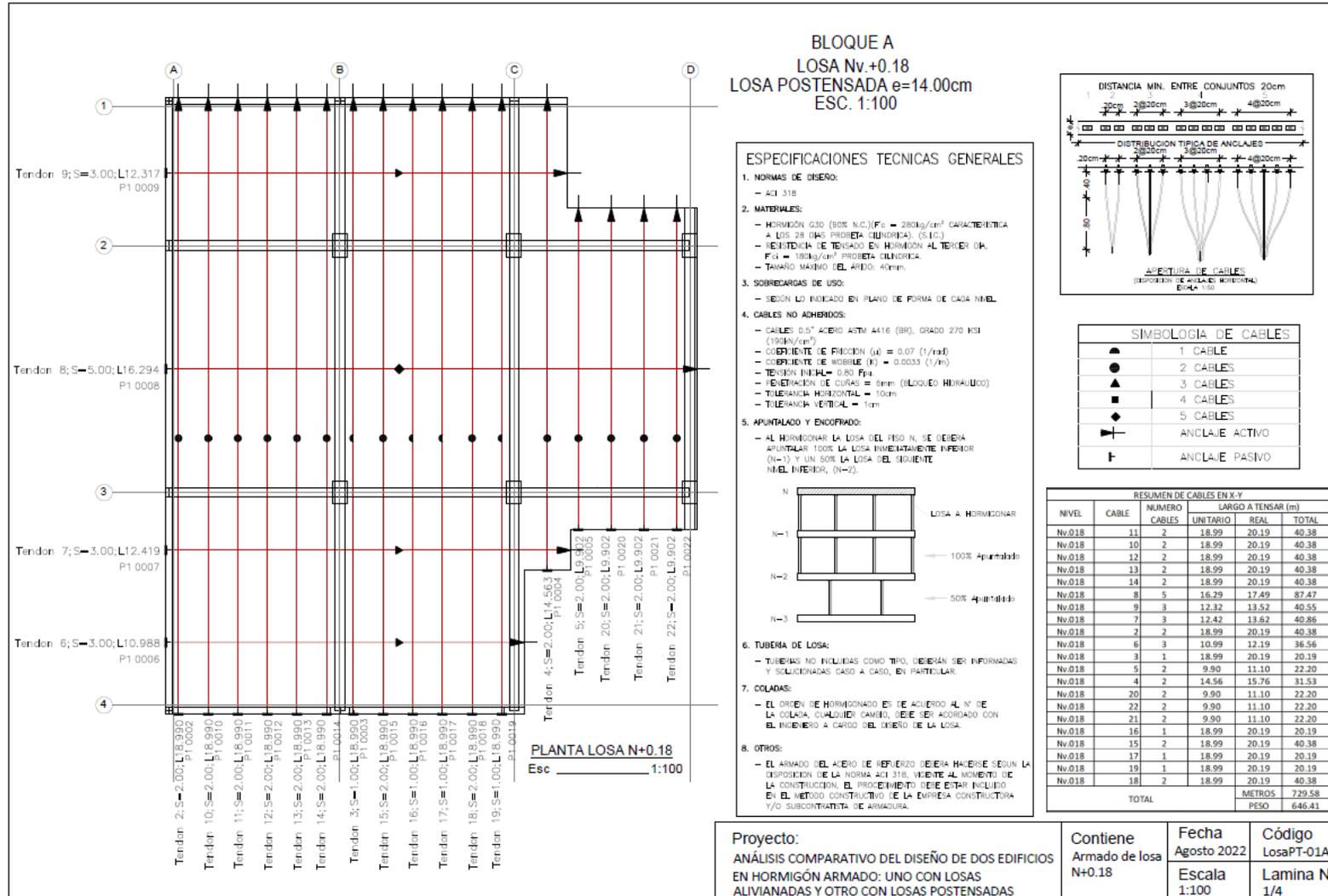
Perfil del tendón 8 en el sentido X



Se usa la parábola reversa para cargas uniformemente distribuidas, se manipula el numero de tendones y la distancia “a” en el centro del vano para balancear la carga, cumpliendo los esfuerzos máximos y mínimos.

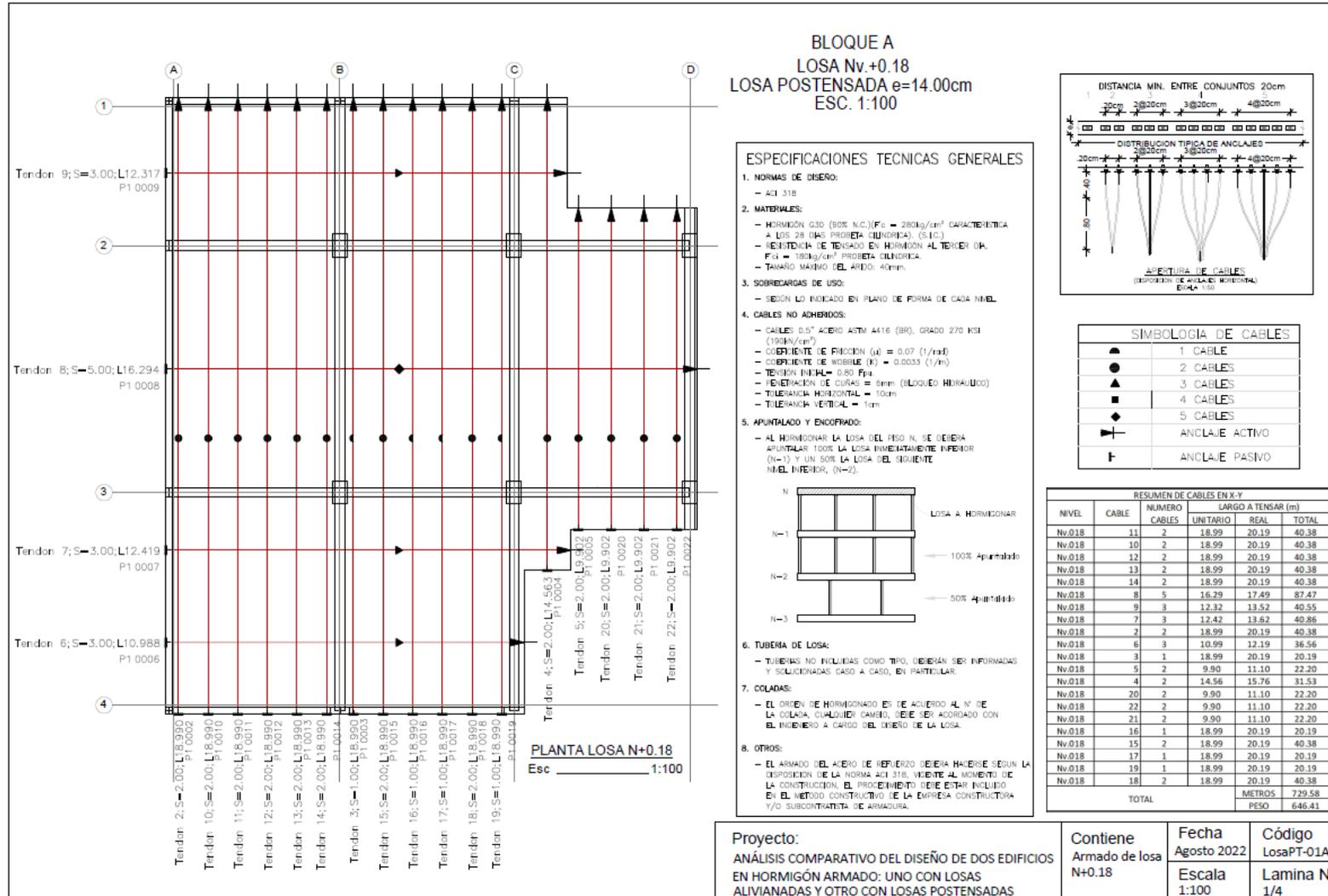
Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas postensadas e= 14cm



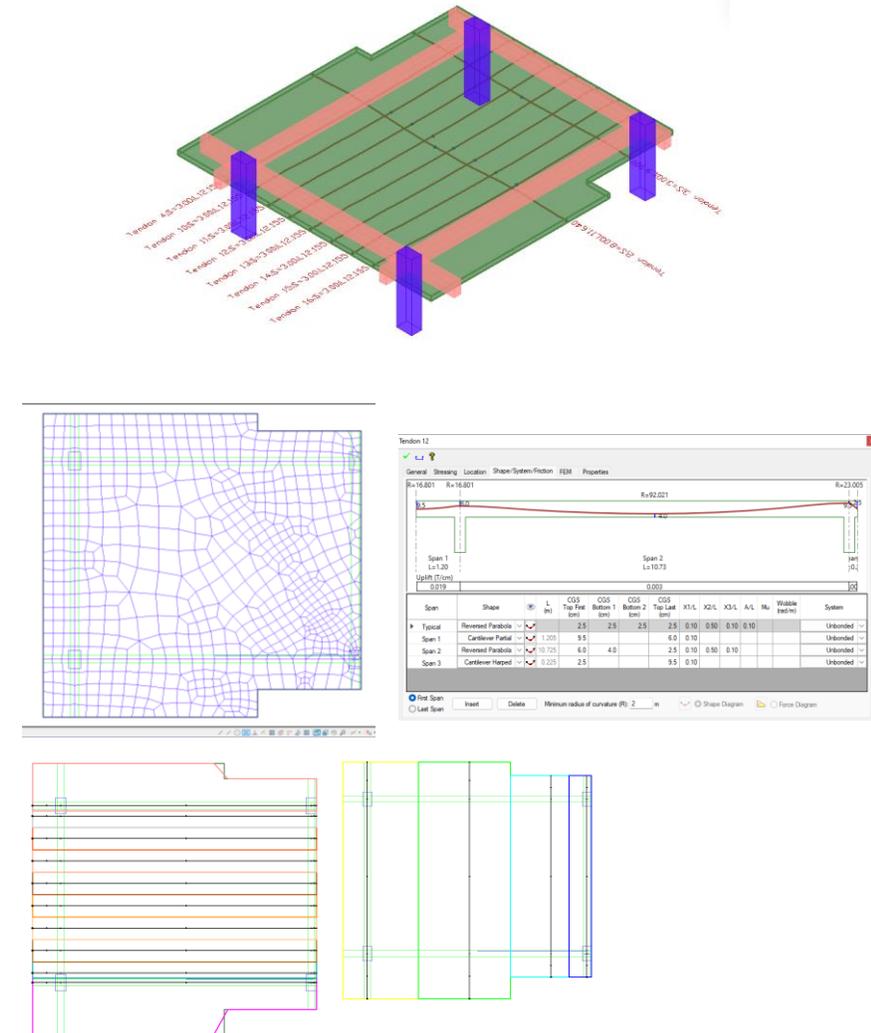
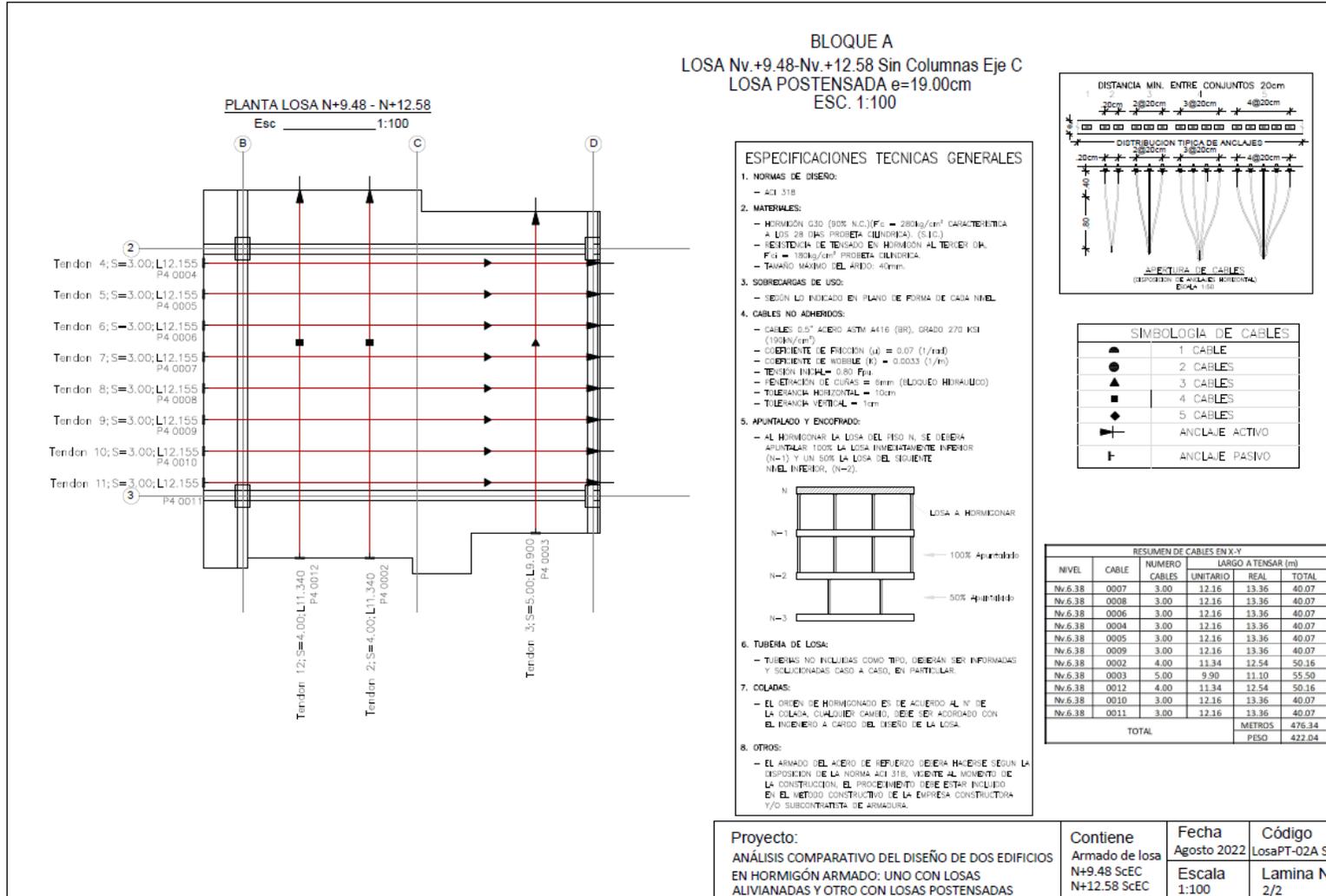
Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas postensadas e= 14cm



Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Losas postensadas e= 19cm



Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO DE DOS EDIFICIOS EN HORMIGÓN ARMADO: UNO CON LOSAS ALIVIANADAS Y OTRO CON LOSAS POSTENSADAS	Contiene Armado de losa N+9.48 ScEC N+12.58 ScEC	Fecha Agosto 2022	Código LosaPT-02A SC Lamina N° 2/2
--	--	----------------------	--

Diseño estructural del edificio en hormigón armado

Cimentación

Resumen de cargas modelo losa alivianada e=25cm con vigas y columnas eje C

Plinto	Combinaciones	Fz	Mx	My
B2	D+L	116.73	4.25	-0.55
	1.4D+1.7L	169.25	6.21	-0.8
B3	D+L	135.68	-0.03	-0.38
	1.4D+1.7L	196.89	-0.04	-0.56
D2	D+L	74.67	2.75	-1.67
	1.4D+1.7L	107.88	4	-2.43
D3	D+L	73.84	-1.81	-1.63
	1.4D+1.7L	106.68	-2.64	-2.38

Resumen de cargas modelo losa postensada e=14cm con vigas y columnas eje C

Plinto	Combinaciones	Fz	Mx	My
B2	D+L	107.28	4.03	-0.5
	1.4D+1.7L	156.03	5.9	-0.73
B3	D+L	124.45	-0.06	-0.35
	1.4D+1.7L	181.17	-0.09	-0.51
D2	D+L	68.85	2.66	-1.59
	1.4D+1.7L	99.74	3.88	-2.32
D3	D+L	68.11	-1.73	-1.57
	1.4D+1.7L	98.67	-2.52	-2.29

Resumen de cargas modelo losa alivianada e=25cm sin columnas eje C con vigas intermedias

Plinto	Combinaciones	Fz	Mx	My
B2	D+L	107.28	4.03	-0.5
	1.4D+1.7L	156.03	5.9	-0.73
B3	D+L	124.45	-0.06	-0.35
	1.4D+1.7L	181.17	-0.09	-0.51
D2	D+L	68.85	2.66	-1.59
	1.4D+1.7L	99.74	3.88	-2.32
D3	D+L	68.11	-1.73	-1.57
	1.4D+1.7L	98.67	-2.52	-2.29

Resumen de cargas modelo losa postensada e=14cm; e=19cm sin columnas y vigas eje C

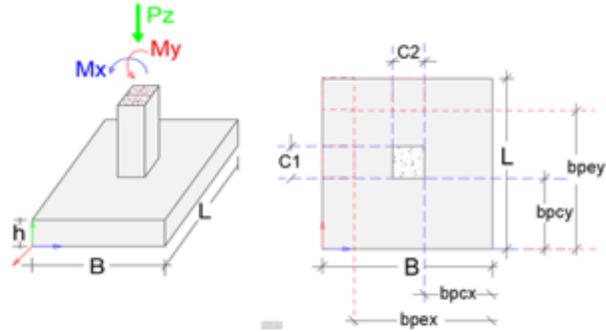
Plinto	Combinaciones	Fz	Mx	My
B2	D+L	146.22	4.47	-0.3
	1.4D+1.7L	212.2	6.55	-0.44
B3	D+L	174.18	0.3	-0.05
	1.4D+1.7L	253.06	0.44	-0.08
D2	D+L	106.27	2.57	-2.03
	1.4D+1.7L	153.76	3.75	-2.96
D3	D+L	105.86	-1.81	-1.8
	1.4D+1.7L	153.16	-2.63	-2.62



Diseño estructural del edificio en hormigón armado

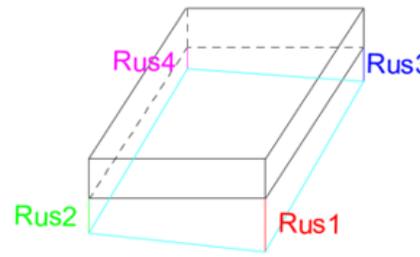
Cimentación

qa=	15.0 Tn/m ²
f'c=	280 kg/cm ²
fy=	4200 kg/cm ²
fs=	1
Pz=	116.73 Tn
Mx=	4.25 Tn-m
My=	-0.55 Tn-m
Pzd=	169.25 Tn
Mxd=	6.21 Tn-m
Myd=	-0.8 Tn-m
c1, c2=	0.6 m
h=	0.35 m
r=	0.07 m
d=	0.28 m
bpcx, bpey=	1.1 m
bpcy, bpey=	1.1 m



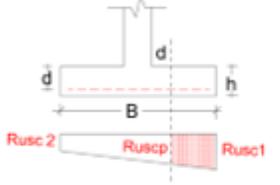
/Determinación de reacciones netas hacia la losa, bajo cargas de últimas:

ex=	-0.005 m	Correcto
ey=	0.037 m	Correcto
Rus1=	21.4 Tn/m ²	
Rus2=	21.8 Tn/m ²	
Rus3=	18.5 Tn/m ²	
Rus4=	18.9 Tn/m ²	
Rum=	21.8 Tn/m ²	



/Determinación del cortante en "X"

Rusc1=	19.9 Tn/m ²
Rusc2=	20.4 Tn/m ²
Rusc3=	20.1 Tn/m ²



/Cortante que actúa sobre la sección Crítica.

Vu= 49211.06 Kg

/Esfuerzo cortante que actúa sobre la sección.

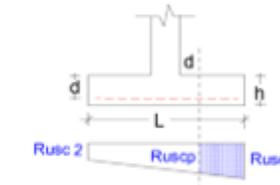
Vu= 6.89 Kg/cm²
Peralte correcto

/Cortante resistente

Vc= 8.367 kg/cm²

/Determinación del cortante en "Y"

Rusc1=	21.6 Tn/m ²
Rusc2=	18.7 Tn/m ²
Rusc3=	20.7 Tn/m ²



/Cortante que actúa sobre la sección Crítica.

Vu= 54544.10 Kg

/Esfuerzo cortante que actúa sobre la sección.

Vu= 8.18 Kg/cm²
Peralte correcto

/Cortante resistente

Vc= 8.367 kg/cm²

DETERMINACIÓN DEL ÁREA DEL CIMIENTO

qus=	15.0 Tn/m ²
Ac=	(C8)/(C25)
B=	2.8 m
L=	2.77928571 m

/Cálculo de las excentricidades de cargas:

ex=	-0.005 m	Correcto
ey=	0.036 m	Correcto

DIMENSIONES AJUSTADAS

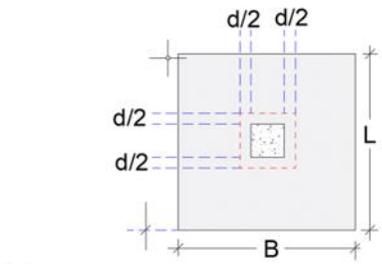
B=	2.8 m
L=	3 m

/Determinación de reaccion neta del suelo:

Rus=	14.8 Tn/m ²	Correcto
------	------------------------	----------

Cálculo del punzonamiento

Rusc=	2.01 Kg/cm ²
/Fuerza cortante sobre la sección crítica.	Vu= 15364.68 Kg
/Esfuerzo cortante por punzonamiento.	Vu= 23.34 Kg/cm ²
/Esfuerzo resistente a corte por punzonamiento.	Vu= 16.73 Kg/cm ²



/Determinación de momentos "X"

M=	12.9611 Tn-m
Mu=	12.9611 Tn-m

/Acero total longitudinal

Asm= 38.28 cm²

/Determinación de momentos "Y"

M=	12.961 Tn-m
Mu=	12.961 Tn-m

/Acero total longitudinal

Asm= 35.72 cm²



Análisis comparativo

Comparación de peso y volumen entre losas alivianadas e=25 cm con vigas y columnas del eje C y losas postensadas de e=14 cm

Niveles	Losas alivianadas e=25 cm		Losas postensadas e=14 cm		
	As (kg)	Hormigón (m3)	Cable de preesfuerzo (kg)	As pasivo (kg)	Hormigón (m3)
Nv.+0.18	2209.00	31.98	646.41	948.00	32.45
Nv.+3.28	1267.00	17.90	351.62	563.00	17.85
Nv.+6.38	1138.00	16.40	383.85	559.00	15.89
Nv.+9.48	1138.00	16.55	357.21	559.00	15.92
Nv.+12.58	1138.00	16.55	357.21	559.00	15.92
Total	6890.00	99.38	2096.30	3188.00	98.03

Hormigón (m3)



Acero (kg)

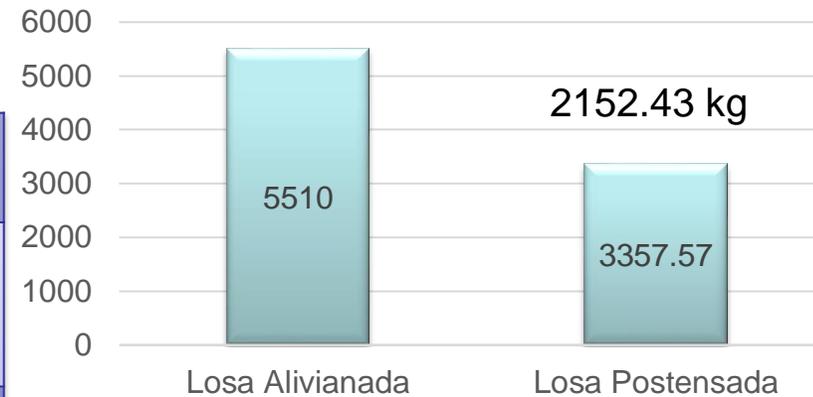


Análisis comparativo

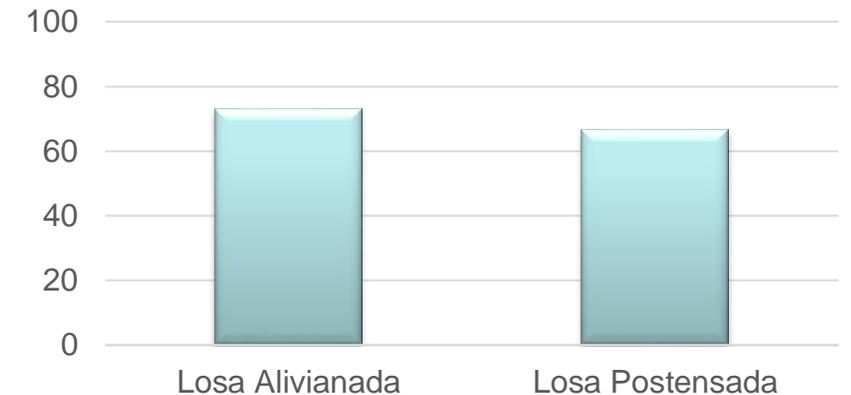
Comparación de peso y volumen entre losas alivianadas e=25 cm sin columnas del eje C y losas postensadas de e=19 cm sin vigas y columnas del eje C

Niveles	Losas alivianadas e=25 cm		Losas postensadas e=19 cm		
	As (kg)	Hormigón (m ³)	Cable de preesfuerzo (kg)	As pasivo (kg)	Hormigón (m ³)
Nv.+6.38	1850.00	24.18	404.49	791.00	22.17
Nv.+9.48	1830.00	24.48	422.04	659.00	22.17
Nv.+12.58	1830.00	24.48	422.04	659.00	22.17
Total	5510.00	73.14	1248.57	2109.00	66.51

Acero (kg)



Hormigón (m³)



Análisis comparativo

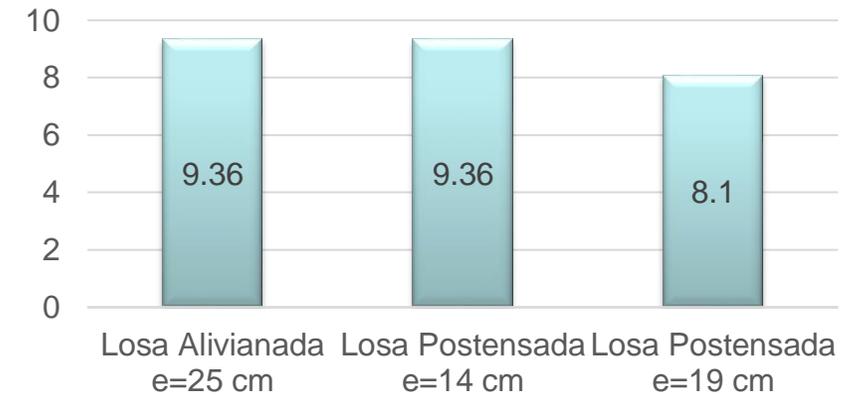
Comparación de peso y volumen de vigas de losa Nv.+9.48 de los diferentes modelos de análisis

Tipo	As (kg)	Hormigón (m ³)
Vigas en losas alivianadas e=25 cm	1173.00	9.36
Vigas en losas postensadas e=14 cm	1139.00	9.36
Vigas en losas postensadas e=19 cm (sin columnas y vigas eje C)	1453.00	8.10

Acero (kg)



Hormigón (m³)



Análisis comparativo

Derivas vs pesos de losas

Losa Nv.+9.48	Peso de la losa kg	Deriva máxima
Losas alivianadas e=25 cm	59952.00	0.0180
Losas alivianadas e=25 cm (sin columnas del eje C)	78192.00	0.0170
Losas postensadas e=14 cm	58440.00	0.0150
Losas postensadas e=19 cm (sin columnas y vigas del eje C)	72648.00	0.0180

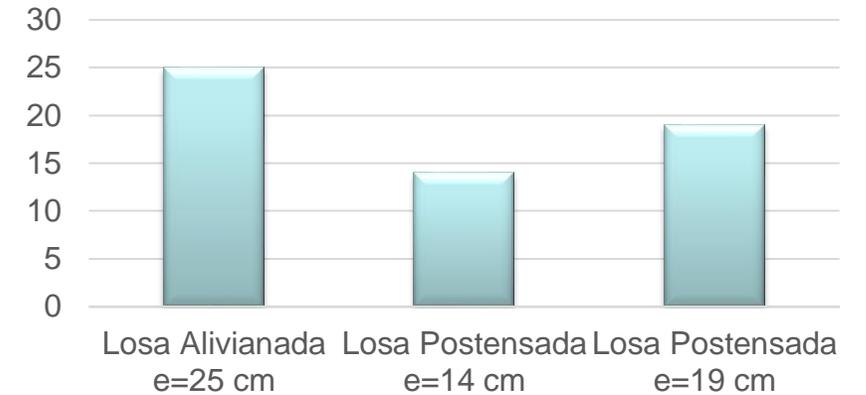


Análisis comparativo

Comparación de espesores y alturas libres de entrepiso

Tipo de losa	Espesor cm		Altura libre de entrepiso	
Losa alivianada	25	25	2.85	2.85
Losa postensada	14	19	2.96	2.91
Diferencia de espesor	11	6	11	6

Espesor losas (cm)



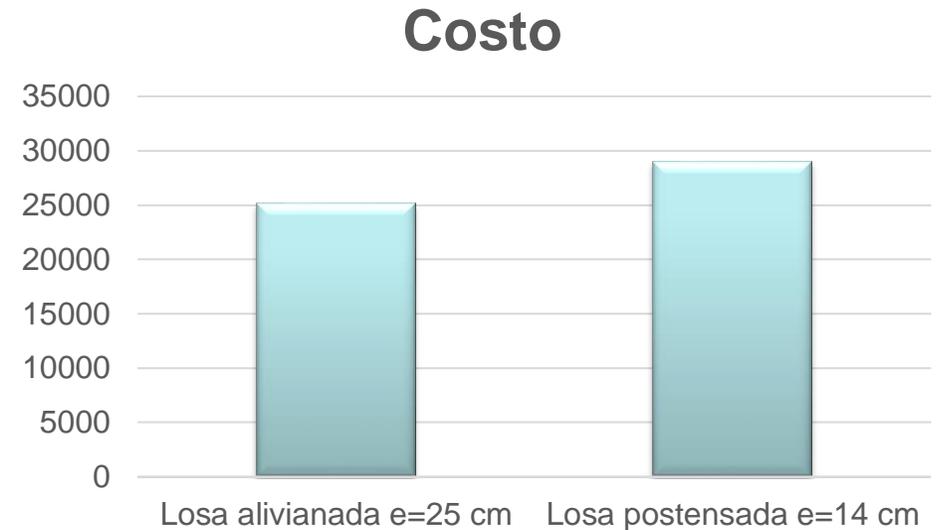
Altura de entrepiso libre



Análisis comparativo

Comparación de costos losa alivianada e=25 cm con losa postensada e=14 cm

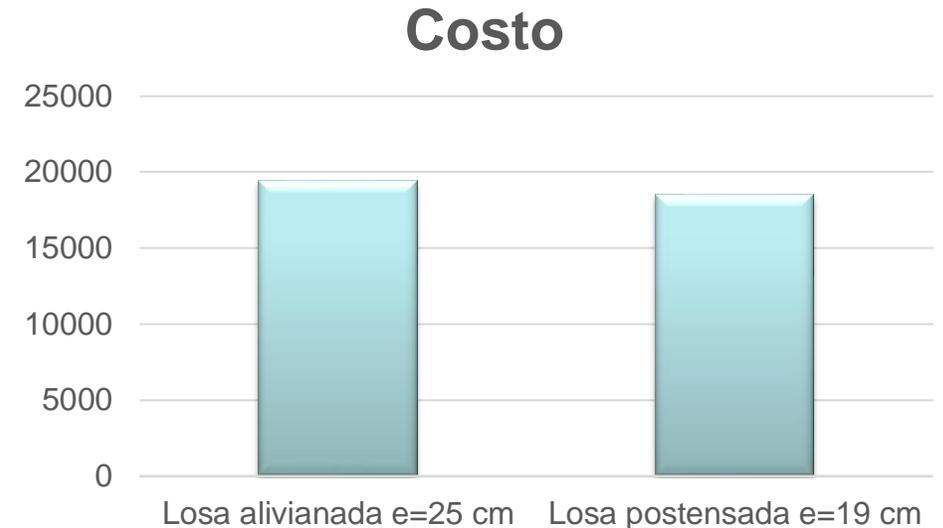
Nivel	Losa alivianada e=25 cm			Losa postensada e=14 cm		
	Acero kg	Alivianamientos 40x40x20 u	Hormigón m ³	Acero activo kg	Acero pasivo kg	Hormigón m ³
Nv. +0.18	2209.00	1623.00	31.98	646.41	948.00	32.45
Nv. +3.28	1267.00	874.00	17.90	351.62	563.00	17.85
Nv. +6.38	1138.00	748.00	16.40	383.85	559.00	15.89
Nv. +9.48	1138.00	744.00	16.55	357.21	559.00	15.92
Nv. +12.58	1138.00	744.00	16.55	357.21	559.00	15.92
Total	6890.00	4733.00	99.38	2096.30	3188.00	98.03
Costo unitario	1.80	0.50	105.00	6.20	1.80	105.00
Costo parcial	12402.00	2366.50	10434.90	12997.06	5738.40	10293.15
Costo total	25203.40			29028.61		



Análisis comparativo

Comparación de costos losa alivianada e=25 cm sin columnas del eje C con losa postensada e=19 cm sin el eje C

Nivel	Losa alivianada e=25 cm			Losa postensada e=19 cm		
	Acero kg	Alivianamientos 40x40x20 u	Hormigón m ³	Acero activo kg	Acero pasivo kg	Hormigón m ³
Nv. +6.38	1850.00	748.00	33.54	404.49	791.00	22.17
Nv. +9.48	1830.00	744.00	33.54	422.04	659.00	22.17
Nv. +9.48	1830.00	744.00	33.54	422.04	659.00	22.17
Total	5510.00	2236.00	100.62	1248.57	2109.00	66.51
Costo unitario	1.80	0.50	105.00	6.20	1.80	105.00
Costo parcial	9918.00	1118.00	10565.10	7741.13	3796.20	6983.55
Costo total	19424.23			18520.88		

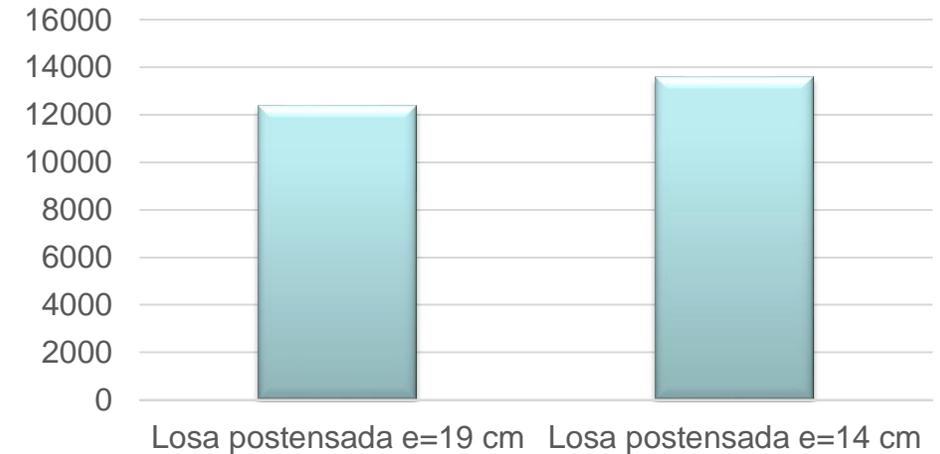


Análisis comparativo

Comparativo de losas postensadas luces de 7.30 m versus de 10.43 m.

Nivel	Losas postensadas e=19 cm			Losas postensadas e=14 cm				
	Acero activo kg	Acero pasivo kg	Hormigón m ³	Acero activo kg	Acero pasivo kg	Hormigón m ³	Hormigón viga/col m ³	Acero Viga/col kg
Nv. +6.38	404.49	791.00	22.17	383.85	559.00	15.89	4.25	769.00
Nv. +9.48	422.04	659.00	22.17	357.21	559.00	15.92	4.25	769.00
Total	826.53	1450.00	44.34	741.06	1118.00	31.81	8.50	1538.00
Costo unitario	6.20	1.80	105.00	6.20	1.80	105.00	105.00	1.80
Costo parcial	5124.49	2610	4655.70	4594.57	2012.40	3340.05	892.50	2768.40
Costo total	12390.19			13607.92				

Costo



Conclusiones

- Al comparar el sistema de losas postensadas versus el sistema de losas alivianadas se obtuvo menores pesos al incluir el postensado en el diseño de losas, así como menores valores tanto en la deriva como en el cortante basal, demostrando que el sistema de losas postensadas es una mejor alternativa para zonas de alto riesgo sísmico.
- Las losas postensadas son más eficientes en peso y cantidad de materiales que las losas alivianadas a medida que se incrementa la luz libre, para luces mayores de 7.30 m se obtuvo ventaja económica usando el sistema postensado, para luces menores de 7.30 m, aunque se obtuvo menores cantidades de materiales con la alternativa postensada, el elevado costo del cable de postensado resta competitividad versus el sistema de losas alivianadas.
- El diseño de losas postensadas al ser un proceso interactivo con lleva a un mayor tiempo de análisis, ya que no existe una única solución de diseño para cada losa, debido a que se puede variar el número de cables y las trayectorias de los cables, por lo que dependerá en gran medida de la experiencia del diseñador con la limitante de la existencia de normas ecuatorianas que guíen el diseño, por lo que se debe recurrir a recomendaciones y normativa internacional.

Conclusiones

- Se concluye que una edificación diseñada con losas postensadas tiene un mejor comportamiento que la misma al ser diseñada con losas alivianadas tradicionales ya que al disminuir el peso total de la estructura, se mejora la respuesta a las cargas laterales producidas por el sismo. Además, se puede ampliar las luces libres permitiendo mayores áreas sin presencia de columnas. La principal desventaja es el requerimiento de una mano de obra calificada y un mayor control durante el proceso constructivo, los costos de los equipos y accesorios para la instalación de losas postensadas es alto, puesto que un gato para tensado tiene un costo aproximado de 15000 dólares en el mercado nacional.
- El incluir losas postensadas en un sistema de pórticos especiales de hormigón armado con luces mayores de 7.30 m presenta una reducción en el costo total de la edificación, sin desmedro de la capacidad de resistencia a las fuerzas laterales.



Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación de losas postensadas en estructuras diseñadas con pórticos especiales de hormigón armado para luces mayores de 7.00 m ya que se reduce los costos totales de obra y se puede obtener menores espesores versus las losas alivianadas tradicionales con lo que se mejora la funcionalidad arquitectónica de las edificaciones.
- Realizar estudios del sistema de losas postensadas con muros estructurales, que absorban la totalidad del esfuerzo sísmico, con columnas perimetrales que solo trabajen a cargas gravitacionales para edificaciones de hasta 4 pisos.
- Incluir en la norma ecuatoriana de la construcción un capítulo para el diseño sismo resistente de sistemas estructurales con losas y elementos postensados, además generar guías prácticas para el diseño de estos sistemas que se adapten a la realidad de nuestro país mediante la investigación de nuestros recursos humanos y materiales.

Recomendaciones

- Promover y difundir el diseño de elementos postensados ya que esto aumentará el número de construcciones, por ende, la demanda de los tendones y equipos para postensado, disminuyendo su costo que en la actualidad se encuentra en 6.20 usd por kg de cable de preesfuerzo instalado hasta un valor de al menos 4.50 usd como en las zonas de alta demanda del sistema como es en los Estados Unidos de Note América de donde se obtuvo este costo.
- La optimización del hormigón, elaborado con materiales presentes en nuestro territorio, se realiza mediante la inclusión de fuerzas de compresión inducidas por el cable de preesfuerzo, lo cual contribuye al desarrollo del país, al no tener que importar grandes cantidades de insumo como en el caso del acero estructural ampliamente difundido en el Ecuador, perjudicando la economía ecuatoriana a través de la salida de divisas, por lo que se recomienda el uso de sistemas postensados.