



# Análisis estructural y económico de losas unidireccionales pretensadas y postensadas

Structural and economic analysis of one-way pretensioned and post-tensioned slabs

 <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v10.n3.2026.268-286>

**Recibido:** 10-05-2026

**Aceptado:** 10-08-2026

**Publicado:** 01-10-2026

Franklin Fabián Alcívar Véliz<sup>1\*</sup>

 <https://orcid.org/0009-0002-1456-9217>

Miguel Sebastián Morales Solís<sup>2</sup>

 <https://orcid.org/0009-0005-8464-5213>

1. Estudiante de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí; Ecuador.
2. Docente de la Universidad Técnica de Manabí; Portoviejo, Ecuador.

**Volumen:** 10

**Número:** 3

**Año:** 2026

**Paginación:** 268-286

**URL:** <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/1190>

**\*Correspondencia autor:** falcivar1764@gmail.com

## RESUMEN

El uso de losas presforzadas permite resolver luces medianas y largas, controlar fisuración y mejorar el comportamiento de servicio de los sistemas de piso de hormigón. Este estudio desarrolla un análisis estructural y económico de losas unidireccionales pretensadas y postensadas mediante franjas equivalentes de 1 m, luces de 6, 8, 10 y 12 m, materiales constantes y verificación numérica en ADAPT Builder 23. Para garantizar comparabilidad estructural, en cada luz se adoptó el mismo espesor para ambas alternativas; por tanto, el peso propio, la rigidez geométrica bruta y las demandas gravitacionales  $M_u$  y  $V_u$  no se atribuyen al tipo de presfuerzo. Las diferencias se interpretan a partir de la representación del presfuerzo, el trazado del tendón, el balanceo de carga y las condiciones constructivas. Los resultados muestran que todos los modelos cumplen el límite  $L/360$ . Las deflexiones pretensadas variaron entre 3.3 y 11.3 mm, mientras que las postensadas oscilaron entre 5.5 y 19.8 mm. El análisis económico se desarrolló mediante cantidades paramétricas, proformas formales referenciales para el escenario de 10 m, bases de precios unitarios, referencias de proveedores y actualización mediante el IPCO. Se concluye que la selección del sistema no debe basarse únicamente en el costo por metro cuadrado, sino en resistencia, servicio, disponibilidad comercial, transporte, izaje, mano de obra especializada, equipos de tensado y condiciones locales de proyecto.

**Palabras clave:** Análisis económico, Deflexión, Hormigón presforzado, Losas unidireccionales, Postensado, Pretensado.

## ABSTRACT

Prestressed concrete slabs make it possible to span medium and long distances while controlling cracking and improving service performance in concrete floor systems. This study develops a structural and economic analysis of one-way pretensioned and post-tensioned slabs using 1 m equivalent strips, spans of 6, 8, 10 and 12 m, constant material properties, and numerical verification in ADAPT Builder 23. To ensure structural comparability, the same thickness was adopted for both alternatives at each span; therefore, self-weight, gross flexural stiffness and gravitational demands  $M_u$  and  $V_u$  were not attributed to the prestressing system. Differences are interpreted through prestressing representation, tendon profile, load balancing and construction conditions. All models satisfied the  $L/360$  deflection limit. Pretensioned deflections ranged from 3.3 to 11.3 mm, while post-tensioned deflections ranged from 5.5 to 19.8 mm. The economic assessment was developed through parametric quantities, formal reference proformas for the 10 m scenario, unit-price databases, supplier references and IPCO-based price updating. The study concludes that system selection should not depend only on unit cost per square meter, but on strength, serviceability, commercial availability, transport, lifting, specialized labor, tensioning equipment and local project conditions.

**Keywords:** Deflection, Economic analysis, One-way slabs, Post-tensioning, Prestressed concrete, Pretensioning.



Creative Commons Attribution 4.0  
International (CC BY 4.0)

## Introducción

Los sistemas de piso tienen incidencia directa en el peso propio de una edificación, en la altura entre niveles, en la demanda sísmica, en la secuencia constructiva y en el costo total de la obra. En las losas de concreto, el presfuerzo permite aplicar unas cargas de compresión iniciales previas que contrarrestan tensiones de tracción, lo que contribuye al control de fisuración y flechas. Este principio está aún vigente en el diseño para elementos prefabricados pretensados y para las losas postensadas talladas en obras (Comité ACI 318, 2019; PTI, 2019; Attia et al., 2023).

Las losas presforzadas pueden clasificarse en dos grandes grupos. En el pretensado, los torones son tensados antes del vaciado del concreto y la fuerza se transfiere por adherencia cuando el concreto alcanza la resistencia necesaria. En el postensado, los tendones se tensan después del endurecimiento del hormigón mediante anclajes; esta condición permite ajustar la trayectoria del tendón y generar efectos de balanceo de carga en servicio. La diferencia no implica, por sí misma, una mayor rigidez geométrica, ya que la rigidez flexional depende principalmente de  $EI$ ; más bien modifica la forma en que el presfuerzo participa en el equilibrio de cargas y en el control de deformaciones (Zelickman & Amir, 2022; Farid et al., 2024; Reksowardojo et al., 2024).

En aplicaciones reales, el pretensado se vincula con soluciones prefabricadas tales como losas alveolares, viguetas pretensadas y elementos doble T. Las losas alveolares reducen peso propio mediante cavidades longitudinales y permiten montaje industrializado, aunque su selección depende de catálogos comerciales, transporte, izaje, capa de compresión, juntas y conexiones. Estudios recientes sobre losas alveolares y pisos prefabricados destacan que su desempeño no puede evaluarse únicamente por resistencia a flexión, sino también por distribución de cargas, cortan-

te, comportamiento compuesto y condiciones de montaje (Park et al., 2022; Fan et al., 2022; Jeziorski et al., 2024; Lee et al., 2025).

El postensado fundido en sitio se emplea cuando se requiere continuidad, flexibilidad geométrica, control de deflexiones y reducción de fisuración en paños de losa. La investigación reciente ha desarrollado procedimientos de optimización para el número de tendones, la trayectoria de cables y los costos de construcción, mostrando que el diseño económico de losas postensadas depende de múltiples variables y no solo del peso de acero activo (Zelickman & Amir, 2022; Farid et al., 2024; Yepes-Bellver et al., 2025).

La comparación entre losas pretensadas y postensadas hay que acotarla. Al cambiar simultáneamente el sistema de presfuerzo, el espesor, el peso propio y la rigidez, las diferencias no pueden ser atribuidas sólo al tipo de presfuerzo. Por lo tanto, una comparación estructural al control debe conservar la misma luz, carga, material, ancho de banda y espesor. Sobre esta base pueden discutirse las diferencias en términos de balanceo, fuerza efectiva y trayectoria del tendón. En cambio, una comparación económica real debe considerar soluciones constructivas completas: prefabricado disponible en el mercado frente a postensado en sitio (Ahmad et al., 2023; Azam et al., 2024; Sjah et al., 2025).

En Ecuador, la pertinencia del análisis económico se relaciona con la disponibilidad local de proveedores, la variación de precios de materiales y la existencia de sistemas prefabricados. Mavisa se presenta como empresa dedicada a elementos prefabricados y pretensados de hormigón, mientras que Techart oferta losas alveolares pretensadas para luces libres de hasta 13 m. Por otra parte, el INEC también elabora mensualmente un índice de precios para los materiales, equipo y maquinaria de construcción que permite actualizar toda comparación monetaria para escenarios o

cotizaciones locales (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2026; Mavisa, 2026; Techart, 2026).

La finalidad del artículo es la de comparar, desde el punto de vista estructural y económico, placas unidireccionales pretensadas y postensadas para la misma aplicación de luz y carga, aislando la comparación estructural controlada de la comparación constructiva y económica. En particular, se pretenden: determinar demandas comunes de momento y cortante, verificar deflexiones con ADAPT Builder 23, separar el efecto de rigidez geométrica y balanceo de carga y derivar un procedimiento económico por componentes.

## **Desarrollo**

### **Marco teórico**

#### *Losas unidireccionales y presfuerzo*

Una placa isostática es una losa unidireccional transmitiendo la mayor parte de sus cargas hacia una dirección, por lo que puede considerarse preliminarmente como una franja de ancho unitario. Esta simplificación posibilita el cálculo de demandas de momento flector y cortante con expresiones de viga de un solo tramo, siempre y cuando el alcance del análisis se restrinja a una comparación preliminar y no se realice el cálculo para un diseño ejecutable completo.

En las losas pretensadas, la fuerza activa induce una compresión y cambia la distribución de tensiones en servicio. Para el postensado, una trayectoria parabólica puede ser reemplazada por una carga equivalente hacia arriba que contrarresta parte de la carga gravitacional actuante sobre la losa. Sin embargo, este efecto no debe confundirse con mayor rigidez flexional, porque la rigidez geométrica de una franja de igual material y espesor se mantiene asociada al producto  $EI$  (Reksowardojo et al., 2024; Farid et al., 2024).

#### *Pretensado, prefabricación y losas alveolares*

El pretensado se desarrolla usualmente en planta mediante bancos de tensado, por lo que su análisis económico debe incluir producción industrializada, transporte, izaje, montaje y conexiones. En losas, las soluciones más representativas no son placas macizas, sino losas alveolares, viguetas y elementos en doble T, cuya geometría aligerada afecta al peso y comportamiento en servicio (PCI, 2022; Park et al., 2022; Jeziorski et al., 2024).

Recientes estudios de losas alveolares pretensadas han considerado aspectos particulares que no aparecen en una losa maciza tradicional, tales como la acción compuesta con una capa de compresión, la resistencia al cortante de almas, la transferencia de cargas entre elementos prefabricados y el rendimiento de secciones con vacíos longitudinales. Park et al. (2022) estudiaron el comportamiento compuesto de losas alveolares pretensadas con capa de concreto colada en sitio; Fan et al. (2022) presentaron modelos para predecir la resistencia al cortante web; Jeziorski et al. (2024) revisaron la distribución vertical de cargas en pisos prefabricados de núcleo hueco; y Lee et al. (2025) analizaron la resistencia a cizalladura de losas alveolares compuestas. Estos antecedentes son indicativos que las soluciones pretensadas prefabricadas deben ser analizadas con criterios propios y no deben ser asociadas directamente a las losas macizas tradicionales.

También se han estudiado estrategias de refuerzo y reparación en losas alveolares, como el uso de CFRP, relleno parcial de alveolos o capas de compresión. Estos estudios muestran que la solución pretensada real es un sistema prefabricado con comportamiento propio, por lo que la comparación económica debe apoyarse en catálogos o cotizaciones de fabricantes y no en una losa maciza idealizada (Abd Elhameed et al., 2024; Jin et al., 2025).

## ***Postensado, balanceo y optimización***

El postensado permite ajustar la posición de los tendones a la distribución esperada de momentos. En franjas simplemente apoyadas, el tendón se ubica bajo en el centro y alto cerca de los apoyos, generando una acción equivalente que contrarresta parte de la carga gravitacional de servicio. Este comportamiento se asocia al balanceo de carga y al control de deflexiones, no a un incremento directo de la rigidez EI.

Zelickman y Amir (2022) plantearon la optimización de losas postensadas incorporando costos de material y mano de obra, mientras que Farid et al. (2024) presentaron herramientas que permiten automatizar el diseño práctico de losas postensadas para una reducción mínima de tendones. Yepes-Bellver et al. (2025) aplicaron optimización basada en sustitutos para minimizar el costo en sistemas postensados. En conjunto estos trabajos señalan que el análisis económico en postensado debe considerar la geometría, el número de torones, el trazado, las restricciones de servicio, la constructibilidad y los costos indirectos.

Los estudios recientes también revelan que la respuesta de las losas postensadas puede estar influida por el grado de precarga, la configuración de los tendones, el comportamiento no lineal, el punzonado y las condiciones al límite. Attia et al. (2023), Ismail et al. (2024), Chaaban et al. (2024, 2025) y Hegab et al. (2025) son prueba de que el modelado del postensado precisa separar entre la resistencia, el servicio, el impacto, el punzonamiento y la reducción de peso a través de vacíos o sistemas aligerados.

## ***Evaluación económica de sistemas de piso***

La valoración económica de una losa debe ir más allá del volumen del hormigón y peso del acero. La fabricación, transporte, iza-je, montaje, juntas, capa de compresión y conexiones deben de considerarse en pretensados y encapsulados. Durante la postensado en el lugar, participan encofrado

o cimbra, hormigón, acero pasivo, torones, anclajes, ductos o vainas, equipo de tensado, mano de obra especializada, control de pérdidas y secuencia constructiva.

Ahmad et al. (2023) hicieron una comparación económica entre sistemas de losas para distintas luces, demostrando que la mejor alternativa dependerá del claro y la tipología de losa. Arias-Salazar y Naranjo-Bustos (2022) analizaron losas tradicionales y postensadas en Quito, haciendo énfasis en que es necesario actualizar con proveedores locales. Sjah et al. (2025) combinaron BIM y análisis de costos para el caso de un sistema tradicional y una losa plana postensada en una torre, mientras que Azam et al. (2024) demostraron la aplicabilidad de los análisis paramétricos para decisiones económicas de losas en una dirección. Estos antecedentes avalan la aplicación del uso un matriz económica por componentes y sensibilidad frente al precio.

## **Metodología**

### **Enfoque y unidad de análisis**

La investigación se desarrolló con enfoque cuantitativo, alcance comparativo y diseño de simulación paramétrica. La unidad de análisis fue una franja equivalente de losa unidireccional de 1 m de ancho, con apoyos lineales en los extremos y luces de 6, 8, 10 y 12 m. La comparación estructural se planteó bajo condiciones controladas para evitar atribuir al tipo de presfuerzo diferencias generadas por el espesor o el peso propio.

### **Condición de comparabilidad**

El mismo espesor se adopta para cada luz en la alternativa pretensada y postensada: 0,18 m para 6 m, 0,22 m para 8 m, 0,27 m para 10 m, y 0,32 m para 12 m. Así, el peso propio, la rigidez geométrica bruta y la carga última distribuida son iguales. Esta decisión permite que  $M_u$  y  $V_u$  se interpreten como demandas gravitacionales de la franja, no como ventajas propias de uno u otro sistema.

## Materiales, cargas y combinaciones

Se utilizaron parámetros constantes:  $f'_c = 35$  MPa, peso específico del hormigón de  $24 \text{ kN/m}^3$ ,  $f_{pu} = 1860$  MPa para acero de presfuerzo y  $f_y = 420$  MPa para acero pasivo. La carga muerta adicional fue  $1.50 \text{ kN/m}^2$  y la carga viva  $2.50 \text{ kN/m}^2$ . Para servicio se empleó  $D + L$ , mientras que para resistencia se consideró  $w_u = 1.2D + 1.6L$ . En ADAPT Builder 23 se utilizaron casos equivalentes de peso propio, carga muerta adicional, carga viva y presfuerzo.

## Modelación en adapt builder 23

Los modelos se generaron como franjas de  $1 \text{ m}$ . En el postensado se representó un tendón longitudinal con perfil asociado al control de servicio; en el pretensado se representó una trayectoria más recta o de menor excentricidad efectiva. Las salidas usadas fueron Z-Translation bajo Service(Total Load) y mapas  $M_{xx}/M_{yy}$  bajo Strength(Dead and

Live). Los mapas de momento se emplearon como evidencia visual, no como reemplazo del cálculo analítico de demanda.

## Procedimiento económico

El análisis económico se estructuró en tres niveles. El primero corresponde a cantidades paramétricas del modelo controlado: volumen de hormigón por  $\text{m}^2$  y masa aproximada de acero activo por  $\text{m}^2$ . El segundo corresponde a la integración de fuentes de precios: proformas formales referenciales para el escenario de  $10 \text{ m}$  y  $100 \text{ m}^2$ , Generador de Precios Ecuador, documentación de APU de obra pública y referencias de proveedores locales. El tercero corresponde a la actualización y lectura de sensibilidad mediante el IPCO del INEC. Esta separación permite diferenciar el modelo estructural macizo equivalente de la comparación económica constructiva entre una solución pretensada prefabricada y una losa postensada fundida en sitio.

**Tabla 1.**

*Parámetros generales del análisis*

| Parámetro              | Valor                 | Uso                      |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| $f'_c$                 | 35 MPa                | Resistencia del hormigón |
| $f_{pu}$               | 1860 MPa              | Acero de presfuerzo      |
| $f_y$                  | 420 MPa               | Acero pasivo             |
| $\gamma$ hormigón      | $24 \text{ kN/m}^3$   | Peso propio              |
| Carga muerta adicional | $1.50 \text{ kN/m}^2$ | Acabados/instalaciones   |
| Carga viva             | $2.50 \text{ kN/m}^2$ | Servicio y resistencia   |
| Ancho de franja        | $1.00 \text{ m}$      | Franja equivalente       |
| Límite de deflexión    | $L/360$               | Control de servicio      |

**Fuente:** *Elaboración propia con base en criterios de diseño preliminar y normativa técnica.*

## Resultados

Los resultados se presentan en cinco bloques: demanda analítica común, presfuerzo modelado, verificación de deflexiones, evidencia gráfica de ADAPT Builder 23 y análisis económico por componentes. La separación es necesaria porque las acciones  $M_u$  y  $V_u$  dependen de la luz, la carga y el espesor, mientras que las diferencias entre siste-

mas se observan en la representación del presfuerzo y en los criterios constructivos.

## Demanda estructural común

Al emplear el mismo espesor en ambas alternativas para cada luz, la carga última distribuida, el momento último y el cortante último son comunes. Esta condición responde al criterio de comparación controlada y evita atribuir a un sistema ventajas que pro-

vendrían únicamente de menor peso propio o mayor rigidez geométrica.

## Tabla 2.

*Demanda analítica común para alternativas pretensada y postensada*

| Luz (m) | h (m) | wu (kN/m <sup>2</sup> ) | Mu (kN·m/m) | Vu (kN/m) |
|---------|-------|-------------------------|-------------|-----------|
| 6       | 0.18  | 10.98                   | 49.43       | 32.95     |
| 8       | 0.22  | 12.14                   | 97.09       | 48.54     |
| 10      | 0.27  | 13.58                   | 169.70      | 67.88     |
| 12      | 0.32  | 15.02                   | 270.30      | 90.10     |

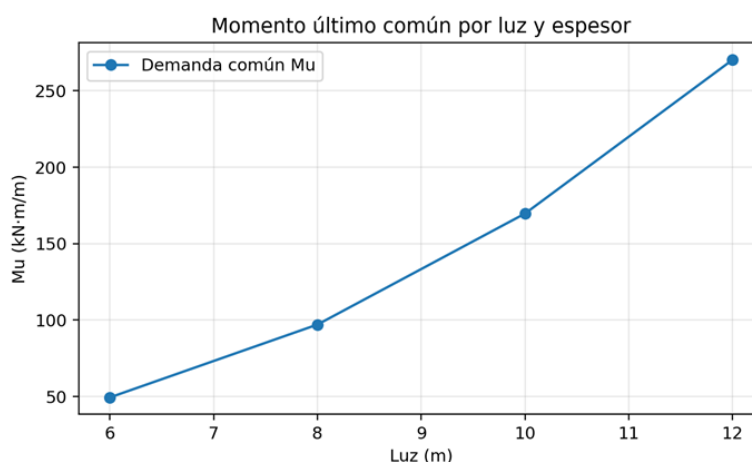
**Fuente:** Elaboración propia a partir de la franja equivalente de 1 m.

La tendencia confirma el incremento cuadrático del momento con la luz y el incremento lineal del cortante. Como ambas alternativas tienen el mismo espesor por luz,

las diferencias de Mu y Vu no se utilizan como argumento de superioridad entre pretensado y postensado.

## Figura 1.

*Demanda analítica común de momento último por luz*



**Fuente:** Elaboración propia.

## Presfuerzo modelado

La fuerza efectiva de presfuerzo se mantuvo diferenciada entre sistemas porque responde a la forma de representación adoptada. En el pretensado se empleó una trayectoria recta o de menor excentricidad efectiva, mientras que en el postensado se consideró una trayectoria con mayor capacidad de balanceo. Esta diferencia se interpreta como efecto de carga balanceada y no como aumento de rigidez.

La fuerza activa fue calculada por el criterio de carga balanceada. Se aplicó el balanceo de dos tercios de la carga muerta, valor dentro del rango normal de diseño que va desde el 60 % hasta el 80 %, de manera que  $w_{bal} = 0.667 D$ . Para una trayectoria parabólica continua con recubrimiento de 4 cm, al centro de gravedad del acero en la fibra inferior del tercio central del vano y en la fibra superior en los apoyos, la flecha

disponible del tendón es  $a = h - 0.08 \text{ m}$ . La fuerza efectiva se obtiene de  $P = w_{\text{bal}} L^2 / (8 a)$ , el área de acero activo de  $A_{\text{ps}} = P / f_{\text{se}}$  con  $f_{\text{se}} = 1100 \text{ MPa}$  como tensión efectiva después de pérdidas, y la masa aproximada de  $m = A_{\text{ps}} \rho$  con  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ . Este procedimiento vincula la cantidad de acero activo con la carga que realmente se equilibra y no con un valor adoptado.

La verificación de deflexiones se realizó con la carga neta resultante del balanceo, mediante  $\Delta = 5 w_{\text{neta}} L^4 / (384 E_c I_g)$ , donde  $w_{\text{neta}} = w_{\text{servicio}} - w_{\text{bal}}$ ,  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$  e  $I_g = h^3/12$  para la franja de 1 m. Se con-

serva el coeficiente  $5/384$  correspondiente a tramo simplemente apoyado, lo que constituye una cota superior conservadora frente a la continuidad real sobre vigas. Para validar el procedimiento, las mismas expresiones se aplicaron a los parámetros de presfuerzo originalmente modelados en ADAPT Builder 23: la formulación reprodujo las deflexiones reportadas por el programa con una desviación máxima de 4.5 % y media inferior a 2 %, lo que respalda su uso para el trazado ajustado. Los mapas Mxx/Myy y las capturas de Z-Translation del programa se conservan como evidencia gráfica del modelo.

**Tabla 3.**

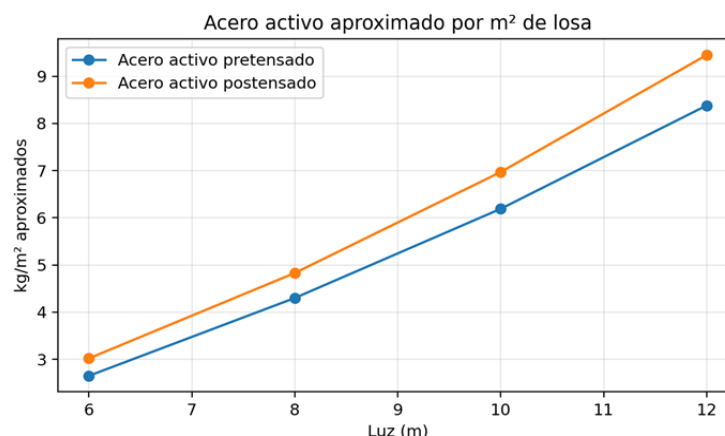
*Fuerza efectiva de presfuerzo y acero activo aproximado*

| Sistema    | Luz (m) | Pe (kN/m) | Aps (mm <sup>2</sup> /m) | Acero activo aprox. (kg/m <sup>2</sup> ) |
|------------|---------|-----------|--------------------------|------------------------------------------|
| Pretensada | 6       | 335.1     | 338.0                    | 2.65                                     |
| Pretensada | 8       | 543.7     | 548.4                    | 4.30                                     |
| Pretensada | 10      | 781.7     | 788.5                    | 6.19                                     |
| Pretensada | 12      | 1058.5    | 1067.7                   | 8.38                                     |
| Postensada | 6       | 174.6     | 158.7                    | 1.25                                     |
| Postensada | 8       | 258.3     | 234.8                    | 1.84                                     |
| Postensada | 10      | 350.0     | 318.2                    | 2.50                                     |
| Postensada | 12      | 459.0     | 417.3                    | 3.28                                     |

**Fuente:** *Elaboración propia. Postensado: balanceo de dos tercios de la carga muerta,  $a = h - 0.08 \text{ m}$  y  $f_{\text{se}} = 1100 \text{ MPa}$ . La masa aproximada se estimó con densidad del acero de  $7850 \text{ kg/m}^3$ .*

**Figura 2.**

*Acero activo aproximado por metro cuadrado*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Verificación de deflexiones en servicio

La Tabla 4 resume las deflexiones máximas en servicio. Las correspondientes a la alternativa pretensada provienen de Z-Translation bajo Service(Total Load) en ADAPT Builder 23; las de la alternativa postensada se obtuvieron con la formulación de carga

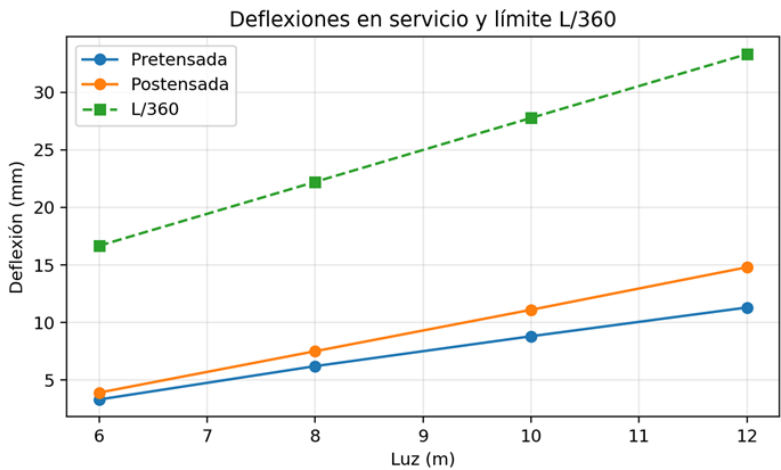
balanceada descrita, cuyo ajuste frente a los resultados del programa se verificó previamente. Todos los modelos cumplen el límite L/360. Las diferencias se explican por la representación del presfuerzo y por el balanceo de carga, bajo un mismo espesor y una misma rigidez geométrica bruta por luz.

Tabla 4.  
Verificación de deflexión en servicio frente al límite L/360

| Sistema    | Luz (m) | h (m) | Δ servicio (mm) | L/360 (mm) | Uso límite (%) | Cumple |
|------------|---------|-------|-----------------|------------|----------------|--------|
| Pretensada | 6       | 0.18  | 3.3             | 16.67      | 19.8           | Sí     |
| Pretensada | 8       | 0.22  | 6.2             | 22.22      | 27.9           | Sí     |
| Pretensada | 10      | 0.27  | 8.8             | 27.78      | 31.7           | Sí     |
| Pretensada | 12      | 0.32  | 11.3            | 33.33      | 33.9           | Sí     |
| Postensada | 6       | 0.18  | 5.5             | 16.67      | 33.2           | Sí     |
| Postensada | 8       | 0.22  | 10.3            | 22.22      | 46.3           | Sí     |
| Postensada | 10      | 0.27  | 14.7            | 27.78      | 53.0           | Sí     |
| Postensada | 12      | 0.32  | 19.8            | 33.33      | 59.3           | Sí     |

Fuente: Elaboración propia. Alternativa pretensada: Z-Translation bajo Service(Total Load) en ADAPT Builder 23. Alternativa postensada: verificación analítica por carga balanceada con  $\Delta = 5 w_{neta} L^4 / (384 E_c I_g)$ .

Figura 3.  
Deflexiones en servicio frente al límite L/360



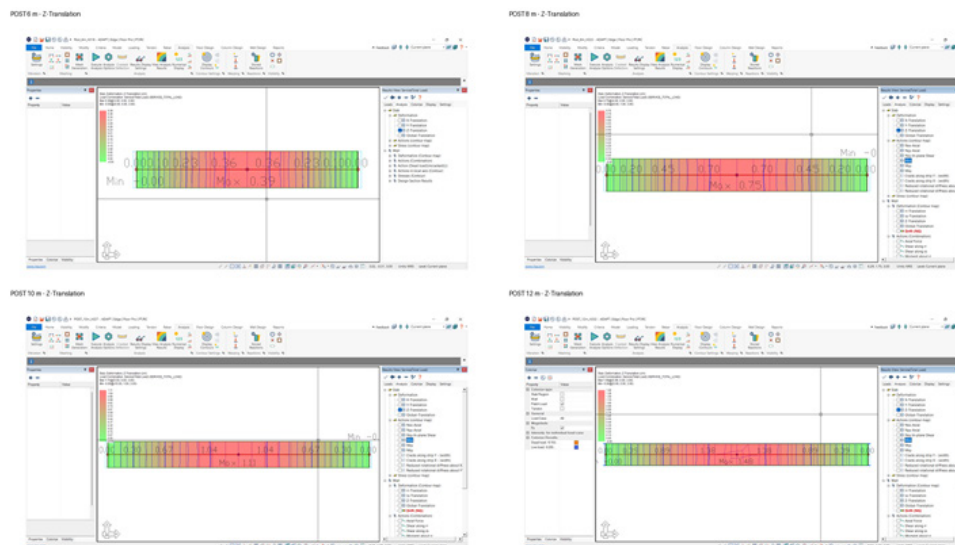
Fuente: Elaboración propia.

Los valores muestran que, para los espesores comunes adoptados, el pretensado registró deflexiones entre 3.3 y 11.3 mm y el postensado entre 5.5 y 19.8 mm. En ambos

casos el margen frente a L/360 es suficiente para el alcance preliminar del estudio.

## Figura 4.

Evidencias de Z-Translation bajo Service(Total Load) en modelos postensados con espesor común



**Fuente:** Elaboración propia a partir de ADAPT Builder 23.

## Evidencia gráfica de momentos en adapt builder 23

Los mapas Mxx/Myy se emplearon como control visual de la distribución de esfuerzos y como evidencia de que el modelo responde en la dirección principal de trabajo.

La interpretación de estos mapas debe ser complementaria, porque los valores dependen de la discretización, la orientación de ejes locales y la escala de reporte del software. Por ello,  $M_u$  y  $V_u$  permanecen como demandas analíticas principales.

## Tabla 5.

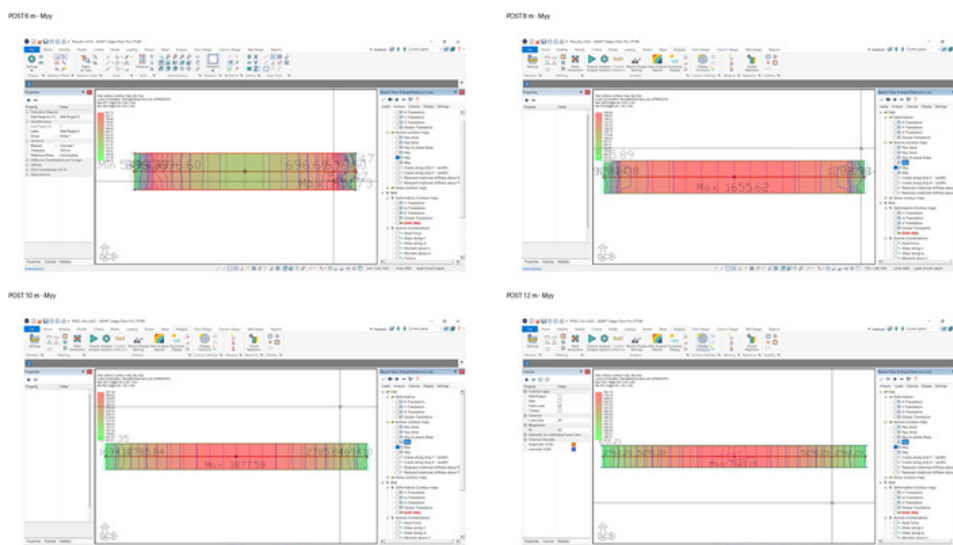
Lectura de mapas de momento en ADAPT Builder 23.

| Modelo        | Espesor común | Resultado observado                         | Uso en el análisis |
|---------------|---------------|---------------------------------------------|--------------------|
| POST_6m_h018  | 0.18 m        | Mapa Myy y Mxx bajo Strength(Dead and Live) | Evidencia visual   |
| POST_8m_h022  | 0.22 m        | Mapa Myy y Mxx bajo Strength(Dead and Live) | Evidencia visual   |
| POST_10m_h027 | 0.27 m        | Mapa Myy y Mxx bajo Strength(Dead and Live) | Evidencia visual   |
| POST_12m_h032 | 0.32 m        | Mapa Myy y Mxx bajo Strength(Dead and Live) | Evidencia visual   |

**Fuente:** Elaboración propia con base en capturas del modelo ejecutado.

## Figura 5.

*Evidencias de Myy bajo Strength(Dead and Live) en modelos postensados con espesor común*



**Fuente:** *Elaboración propia a partir de ADAPT Builder 23.*

## Análisis económico por componentes

El análisis económico se desarrolló como una evaluación por componentes apoyada en cantidades del modelo estructural controlado, proformas formales referenciales y fuentes de precios unitarios del contexto ecuatoriano. La comparación en términos monetarios no se inició por una diferencia en el espesor, por cuanto el volumen de hormigón por m<sup>2</sup> era el mismo en ambos casos. Por lo tanto, el costo del hormigón no se considera un beneficio tal para un sistema sobre el otro dentro del modelo estructural. Desglose económico para los ítems que realmente varían entre soluciones constructivas: acero activo, producción industrial, transporte, izaje, montaje, capa compresiva, encofrado, mano de obra especializada, anclajes, equipo de tensado.

Las cotizaciones representaron el escenario económico para un nivel de 10m, un área de comparación de 100m<sup>2</sup> y un (espesor común) de 0.27 m. La opción post-tensada se clasificó como solución precastificada tipo losa alveolar, que comprendía proveer

la pieza transporte izaje/montaje y capa compresiva con juntas. La opción postensada se abordó como una losa sólida colada en sitio, integrada por concreto premezclado, acero activo, acero pasivo, encofrado y subcontrato especializado de postensado. Se tomó el Generador de Precios Ecuador como referencia base de contraste para unidades de obra y composición de precios para losas prefabricadas (CYPE Ingenieros, 2026), para la actualización de precios para materiales, equipo y maquinaria se utilizó el IPCO del INEC. La estructura APU de uso corriente en la contratación pública, sirvió de modelo para clasificar materiales, mano de obra, equipo e indirectos (CYPE Ingenieros, 2026; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2026; Proformas Formales Losa Ecuador, 2026; Servicio Nacional de Contratación Pública, 2026).

**Tabla 6.**

*Fuentes de precios utilizadas en el análisis económico y su alcance*

| Fuente                               | Uso dentro del análisis                                                                  | Alcance                                                                                         |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proformas formales referenciales     | Base monetaria del escenario L = 10 m y 100 m <sup>2</sup>                               | Suministro, transporte, izaje/montaje, capa de compresión; hormigón, acero, encofrado y tensado |
| Generador de Precios Ecuador         | Contraste de composición de unidades de obra y orden de magnitud                         | Referencia paramétrica; no sustituye cotización específica                                      |
| APU de obra pública/SERCOP           | Estructura de descomposición por materiales, mano de obra, equipo, indirectos y utilidad | Soporte metodológico para organizar rubros                                                      |
| IPCO-INEC                            | Actualización temporal de precios y análisis de sensibilidad                             | Índice de variación de materiales, equipo y maquinaria                                          |
| Mavisa/Techart y proveedores locales | Disponibilidad comercial de prefabricados y losas alveolares                             | Referencia técnica y de mercado local                                                           |

**Fuente:** *Elaboración propia con base en proformas formales referenciales y fuentes de precios unitarios del contexto ecuatoriano.*

### Cantidades paramétricas del modelo controlado

La Tabla 7 resume las cantidades paramétricas vinculadas al modelo estructural controlado. El volumen de hormigón coincide

entre pretensado y postensado porque se adoptó el mismo espesor por luz. En consecuencia, la diferencia directa de materiales se concentra en la masa aproximada de acero activo.

**Tabla 7.**

*Fuentes de precios utilizadas en el análisis económico y su alcance*

| Luz (m) | h (m) | Vol. hormigón (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | Acero activo pret. (kg/m <sup>2</sup> ) | Acero activo post. (kg/m <sup>2</sup> ) | Δ post-pret (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------|-------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| 6       | 0.18  | 0.18                                            | 2.65                                    | 1.25                                    | -1.40                            |
| 8       | 0.22  | 0.22                                            | 4.30                                    | 1.84                                    | -2.46                            |
| 10      | 0.27  | 0.27                                            | 6.19                                    | 2.50                                    | -3.69                            |
| 12      | 0.32  | 0.32                                            | 8.38                                    | 3.28                                    | -5.10                            |

**Fuente:** *Elaboración propia con base en proformas formales referenciales y fuentes de precios unitarios del contexto ecuatoriano.*

El acero activo postensado resultó entre 1.40 y 5.10 kg/m<sup>2</sup> menor que el pretensado, diferencia que se explica por el brazo de palanca del trazado: el tendón postensado desarrolla una flecha parabólica  $a = h - 0.08$  m, mientras que el torón pretensado del elemento prefabricado se mueve con una excentricidad lineal y menor. Esta mayor cantidad de acero activo no por sí sola hace que la opción sea la más económica, dado que el

pretensado prefabricado concentra costes en fabricación en la industria, transporte y elevación mientras que el postensado concentra costes en encofrado, anclajes, equipo de tensado y mano de obra especializada.

### Proformas formales referenciales para L = 10 m

El escenario de 10 m se utilizó como caso de comparación económica porque repre-

senta una luz donde la decisión entre prefabricación pretensada y postensado en sitio adquiere relevancia constructiva. Las proformas formales fueron normalizadas a 100 m<sup>2</sup> para expresar los resultados en costos netos por m<sup>2</sup> y costos con IVA. Para mantener tra-

zabilidad, cada proforma fue interpretada según su alcance: rubros incluidos, unidad de medición, cantidad, precio unitario, subtotal y valor total. La Tabla 8 presenta la composición de la alternativa pretensada y la Tabla 9 la composición de la alternativa postensada.

**Tabla 8.**

*Composición económica de la alternativa pretensada prefabricada*

| Rubro pretensado prefabricado                  | Unidad         | Cantidad | P. unitario (USD) | Total (USD) | USD/m <sup>2</sup> |
|------------------------------------------------|----------------|----------|-------------------|-------------|--------------------|
| Suministro de losa alveolar pretensada h=27 cm | m <sup>2</sup> | 100      | 82.00             | 8,200.00    | 82.00              |
| Transporte logístico especializado             | m <sup>2</sup> | 100      | 15.00             | 1,500.00    | 15.00              |
| Izaje y montaje con grúa telescópica           | m <sup>2</sup> | 100      | 24.00             | 2,400.00    | 24.00              |
| Capa de compresión, malla y juntas             | m <sup>2</sup> | 100      | 22.00             | 2,200.00    | 22.00              |
| Subtotal neto                                  |                |          |                   | 14,300.00   | 143.00             |
| IVA 15 %                                       |                |          |                   | 2,145.00    | 21.45              |
| Total con IVA                                  |                |          |                   | 16,445.00   | 164.45             |

**Fuente:** *Proformas Formales Losa Ecuador (2026), escenario de 10 m y 100 m<sup>2</sup>.*

**Tabla 9.**

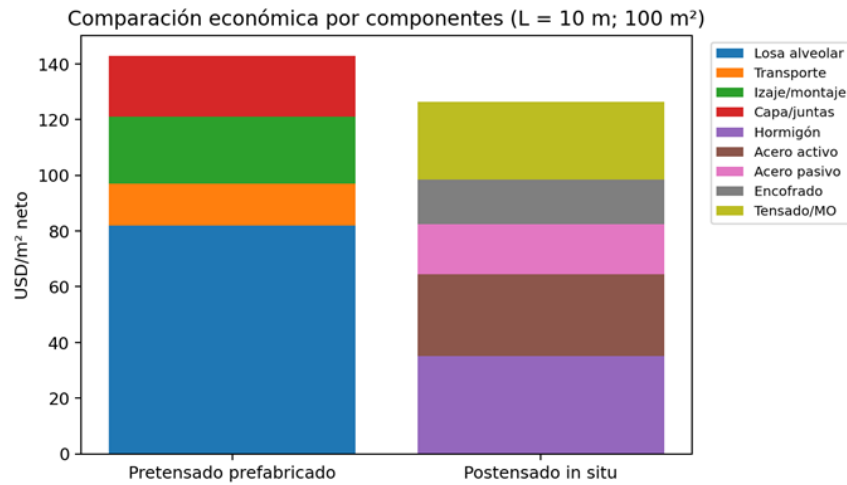
*Composición económica de la alternativa postensada in situ*

| Rubro postensado in situ                             | Unidad         | Cantidad | P. unitario (USD) | Total (USD) | USD/m <sup>2</sup> |
|------------------------------------------------------|----------------|----------|-------------------|-------------|--------------------|
| Hormigón premezclado bombeado f <sub>c</sub> =35 MPa | m <sup>3</sup> | 27       | 130.00            | 3,510.00    | 35.10              |
| Acero activo: torones, anclajes, cuñas y vainas      | kg             | 250      | 6.50              | 1,625.00    | 16.25              |
| Acero pasivo de refuerzo f <sub>y</sub> =420 MPa     | kg             | 1500     | 1.20              | 1,800.00    | 18.00              |
| Encofrado total y cimbrado                           | m <sup>2</sup> | 100      | 16.00             | 1,600.00    | 16.00              |
| Subcontrato de tensado y mano de obra especializada  | m <sup>2</sup> | 100      | 28.00             | 2,800.00    | 28.00              |
| Subtotal neto                                        |                |          |                   | 11,335.00   | 113.35             |
| IVA 15 %                                             |                |          |                   | 1,700.25    | 17.00              |
| Total con IVA                                        |                |          |                   | 13,035.25   | 130.35             |

**Fuente:** *Proformas Formales Losa Ecuador (2026), escenario de 10 m y 100 m<sup>2</sup>.*

**Figura 6.**

*Composición económica de las proformas formales para  $L = 10\text{ m}$*



**Fuente:** *Elaboración propia a partir de Proformas Formales Losa Ecuador (2026).*

**Comparación económica y sensibilidad**

Con base en las proformas formales, el costo neto de la alternativa pretensada fue de 143.00 USD/m<sup>2</sup>, mientras que el costo neto de la alternativa postensada fue de 113.35 USD/m<sup>2</sup>. La diferencia neta fue de 29.65 USD/m<sup>2</sup>, equivalente a 20.73 % a favor del postensado en el escenario base  $L = 10\text{ m}$ . Al incluir IVA, la diferencia total para

100 m<sup>2</sup> fue de 3,409.75 USD, manteniendo la misma relación porcentual. Estos valores representan el resultado del escenario económico analizado y no un precio universal aplicable a cualquier obra, ya que el costo final depende de ubicación, volumen contratado, disponibilidad de planta, transporte, grúa, rendimientos, plazo de ejecución y condiciones comerciales.

**Tabla 10.**

*Indicadores económicos comparativos para  $L = 10\text{ m}$*

| Indicador económico $L = 10\text{ m}$  | Pretensado prefabricado | Postensado in situ | Diferencia |
|----------------------------------------|-------------------------|--------------------|------------|
| Subtotal neto 100 m <sup>2</sup> (USD) | 14,300.00               | 11,335.00          | 2,965.00   |
| Costo neto (USD/m <sup>2</sup> )       | 143.00                  | 113.35             | 29.65      |
| IVA 15 % (USD)                         | 2,145.00                | 1,700.25           | 444.75     |
| Total con IVA 100 m <sup>2</sup> (USD) | 16,445.00               | 13,035.25          | 3,409.75   |
| Costo con IVA (USD/m <sup>2</sup> )    | 164.45                  | 130.35             | 34.10      |
| Ahorro relativo del postensado         | -                       | -                  | 20.73 %    |

**Fuente:** *Elaboración propia a partir de las proformas formales referenciales.*

Para verificar la estabilidad de la tendencia se aplicó una sensibilidad sobre los componentes diferenciadores. En el escenario favorable al pretensado se redujeron 10 % los costos de transporte e izaje y se incrementa-

ron 10 % los costos de encofrado y tensado del postensado. En el escenario favorable al postensado se aplicó la variación inversa. Esta lectura permite observar si la diferencia económica depende de un solo rubro o si se

mantiene ante variaciones razonables de los componentes logísticos y especializados. La sensibilidad no sustituye una cotización de-

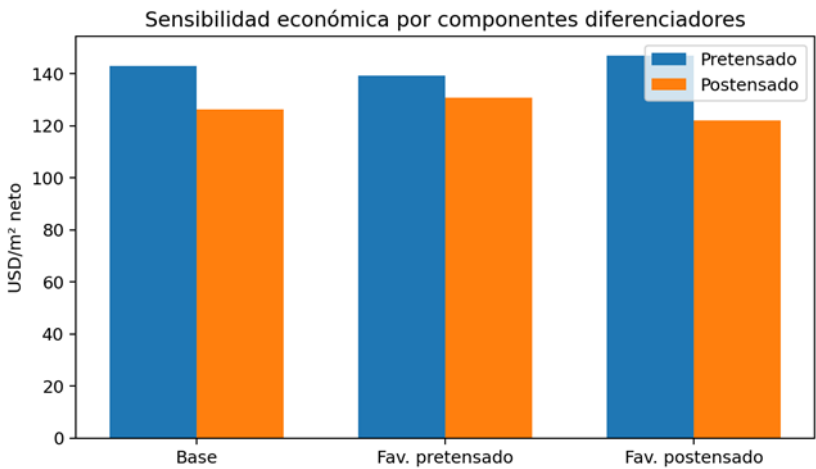
finitiva de obra, pero fortalece la interpretación comparativa de las proformas.

**Tabla 11.**  
*Escenarios de sensibilidad económica por componentes diferenciadores*

| Indicador económico L = 10 m   | Pretensado prefabricado | Postensado in situ | Diferencia |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------|------------|
| Subtotal neto 100 m² (USD)     | 14,300.00               | 11,335.00          | 2,965.00   |
| Costo neto (USD/m²)            | 143.00                  | 113.35             | 29.65      |
| IVA 15 % (USD)                 | 2,145.00                | 1,700.25           | 444.75     |
| Total con IVA 100 m² (USD)     | 16,445.00               | 13,035.25          | 3,409.75   |
| Costo con IVA (USD/m²)         | 164.45                  | 130.35             | 34.10      |
| Ahorro relativo del postensado | -                       | -                  | 20.73 %    |

**Fuente:** *Elaboración propia. La sensibilidad se aplicó a los componentes logísticos del pretensado y a los componentes especializados del postensado.*

**Figura 7.**  
*Sensibilidad económica por componentes diferenciadores en el escenario L = 10 m*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Bajo las condiciones de las proformas formales y los escenarios de sensibilidad evaluados, el postensado conserva menor costo neto. Esta lectura debe ser dada como conclusión del caso estudiado y no generalizarse como el comportamiento de todo el mercado ecuatoriano. En obras que tengan un alto grado de repetitividad, proximidad a planta, con acceso para transporte pesado, disponibilidad inmediata de grúa, y montaje secuenciado intensivo, el prefabricado pre-

tensado puede volver a ser competitivo gracias a la reducción de plazos, menor tiempo de permanencia del encofrado, y al control de calidad en planta. En cambio, si el acceso a la obra, el peso de los elementos, la distancia de transporte o el izaje encarecen los costos logísticos, puede resultar más económico el postensado elaborado en obra.

**Discusión**

La comparación estructural establece que cuando se aplican las mismas cargas de luz, del material, de la carga y del espesor, las demandas gravitacionales  $M_u$  y  $V_u$  no difieren entre una pantalla pretensada y postensada. Este resultado responde a la base mecánica de la banda equivalente: el momento y la fuerza cortante son funciones de  $w$  y  $L$ , y no dependen por el nombre del sistema de presfuerzo. Cualquier diferencia entre opciones debe tratarse como que resulta de la carga, fuerza efectiva, ruta del tendón y las condiciones de construcción.

El resultado es compatible con la literatura relacionadas con el pretensado. Zelickman and Amir (2022), Farid et al. (2024) and Yepes-Bellver et al. (2025) corroborate that the efficiency of a posttensioned slab is not a result of higher geometric stiffness, but instead of the optimally spread, the number of tendons, service restrictions and execution costs. In the same vein, Reksowardojo et al. (2024) show that modifying or controlling the tension of cables can reduce deflections, but such minimization is an active balancing act and not a direct alteration of the gross moment of inertia.

Los modelos verificados en ADAPT Builder 23 cumplieron el límite  $L/360$ . Las deflexiones pretensadas fueron algo menores que las postensadas en la simulación ejecutada, lo cual no debe asumirse como una superioridad general del sistema. Las diferencias pueden depender del nivel de fuerza efectiva, la trayectoria adoptada, la excentricidad disponible, la idealización del tendón y la forma de reporte de desplazamientos. Estudios recientes sobre losas postensadas han mostrado que la distribución de tendones, la precompresión, el punzonamiento, el impacto y el comportamiento no lineal influyen en la respuesta de servicio y resistencia (Attia et al., 2023; Ismail et al., 2024; Chaaban et al., 2024, 2025; Hegab et al., 2025).

La alternativa pretensada debe interpretarse dentro del marco de la prefabricación. Park et al. (2022), Fan et al. (2022), Jeziorski

et al. (2024), Abd Elhameed et al. (2024), Jin et al. (2025) y Lee et al. (2025) evidencian que las losas alveolares y otros sistemas prefabricados tienen condiciones específicas de cortante, acción compuesta, distribución de carga, conexiones y montaje. Por tanto, una solución pretensada comercial no debería reducirse a una losa maciza recta, sino analizarse como un sistema industrializado con sección, peso propio, procesos de fabricación y costos logísticos propios.

El análisis económico con proformas formales permite pasar de una comparación puramente paramétrica a una lectura económica vinculada al contexto ecuatoriano. Para  $L = 10$  m y  $100$  m<sup>2</sup>, la proforma pretensada alcanzó 143.00 USD/m<sup>2</sup> netos, mientras que la proforma postensada alcanzó 113.35 USD/m<sup>2</sup> netos. La diferencia de 29.65 USD/m<sup>2</sup> no proviene del volumen de hormigón del modelo controlado, sino de la composición de rubros: suministro prefabricado, transporte, izaje y capa de compresión en el pretensado; y hormigón, acero activo, acero pasivo, encofrado y tendado especializado en el postensado. Este enfoque coincide con estudios económicos recientes que advierten que las decisiones de sistemas de losa dependen de luz, tipología, proceso constructivo, rendimientos y precios locales (Arias-Salazar & Naranjo-Bustos, 2022; Ahmad et al., 2023; Azam et al., 2024; Sjah et al., 2025).

Las fuentes económicas se interpretaron de forma complementaria. Las proformas formales aportaron el escenario monetario principal del estudio; el Generador de Precios Ecuador sirvió como contraste de unidades de obra y estructura de precios; el IPCO del INEC permitió justificar la actualización de materiales, equipos y maquinaria; y la estructura de APU empleada en contratación pública aportó un criterio de organización por materiales, equipos, mano de obra e indirectos (CYPE Ingenieros, 2026; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2026; Proformas Formales Losa Ecuador, 2026; Servicio Nacional de Contratación

Pública, 2026). De esta manera, el análisis económico se vuelve trazable y comparable sin afirmar que un único precio represente todo el mercado ecuatoriano.

La principal contribución del trabajo es proponer una separación metodológica clara: primero se compara estructuralmente con iguales condiciones geométricas, y luego se plantea la comparación económica como matriz de solución constructiva real. Esta separación evita atribuir al postensado ventajas derivadas de menor espesor y evita atribuir al pretensado ventajas derivadas de mayor rigidez por espesor. Con ello, el análisis se vuelve más coherente con la práctica profesional y con la evidencia bibliográfica reciente.

## Conclusiones

Para una misma luz, carga, material y espesor, las demandas analíticas  $M_u$  y  $V_u$  son comunes a las alternativas pretensada y postensada. Por tanto, estas acciones no deben utilizarse para afirmar una ventaja de un sistema sobre otro cuando la geometría es equivalente.

El trazado parabólico del tendón postensado no incrementa la rigidez flexional  $EI$  de la losa. Su contribución se relaciona con el balanceo de carga, el control de tensiones y la respuesta de servicio.

Los modelos verificados en ADAPT Builder 23 cumplieron el límite  $L/360$ . Las deflexiones pretensadas se ubicaron entre 3.3 y 11.3 mm, mientras que las postensadas se ubicaron entre 5.5 y 19.8 mm para las luces analizadas.

La alternativa pretensada debe evaluarse como solución prefabricada comercial, por ejemplo losa alveolar, vigueta pretensada o doble T. La alternativa postensada debe evaluarse como losa fundida en sitio, incluyendo hormigón, encofrado, acero pasivo, acero activo, anclajes, tensado, mano de obra especializada y control técnico.

El análisis económico con proformas formales para  $L = 10$  m y  $100$  m<sup>2</sup> mostró un costo

neto de 143.00 USD/m<sup>2</sup> para la alternativa pretensada prefabricada y 113.35 USD/m<sup>2</sup> para la alternativa postensada in situ. La diferencia fue de 29.65 USD/m<sup>2</sup>, equivalente a 20.73 % en el escenario base. El análisis de sensibilidad mantuvo una ventaja relativa del postensado entre 15.35 % y 25.83 %, según la variación de los componentes logísticos del prefabricado y los componentes especializados del postensado.

La ventaja económica observada corresponde al escenario de proformas formales utilizado. Por tanto, no debe interpretarse como una conclusión universal para todas las obras, sino como una tendencia del caso analizado. Para aplicar este procedimiento a un proyecto particular, los valores deben ser actualizados con el IPCO o sustituidos por cotizaciones locales vigentes, indicando cada detalle de alcance, unidad, transporte, izaje, montaje, IVA, equipos, mano de obra y exclusiones. La determinación definitiva entre pretensado y postensado deberá considerar resistencia, servicio, disponibilidad tecnológica, transporte, izaje, tiempos de ejecución, costo local, mano de obra especializada y condiciones particulares del proyecto.

## Bibliografía

- Abd Elhameed, A. E., et al. (2024). Strengthening of hollow core precast prestressed reinforced concrete slabs using different techniques. *Cogent Engineering*. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2307170>
- Abdelaziz, O. K., & Abdalla, H. A. (2021). Cost evaluation of post-tensioned slabs in multi-storey buildings considering seismic effect. *Proceedings of ICCAUA*, 4(1), 742-750. <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2021280N5>
- ACI Committee 318. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary. American Concrete Institute.
- Ahmad, O., Sadeghi, K., & Nouban, F. (2023). Comparison of the post-tensioned, solid, hollow block, and flat slabs in terms of economy considering different span lengths. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, 28(2), 24-33. <https://doi.org/10.59441/ijame/168936>

- Arias-Salazar, D., & Naranjo-Bustos, C. (2022). Comparación económica de dos tipos de losas con sistemas tradicionales vs. losas postensadas en Quito - Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, 7(4-2), 458-469. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1084>
- Attia, M. M., et al. (2023). Nonlinear behavior of bonded and unbonded two-way post-tensioned slabs pre-strengthened with CFRP laminates. *Buildings*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.3390/buildings13010035>
- Azam, R., Riaz, M. R., Shakeel, M., Farooq, M. U., & Arshad, M. A. (2024). Economical design strategies for reinforced concrete one-way slabs: A parametric approach considering material strength and rebar size. *Discover Civil Engineering*, 1, 102. <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00106-7>
- Chaaban, S., Temsah, Y., & Darwiche, M. (2025). Structural response of post-tensioned slabs reinforced with Forta-Ferro under impact load: Experimental and numerical approach. *The Open Civil Engineering Journal*, 19, e18741495379555. <https://doi.org/10.2174/0118741495379555250410082448>
- Chaaban, S., Temsah, Y., Jahami, A., & Darwiche, M. (2024). Structural response of post-tensioned slabs reinforced with Forta-Ferro and conventional shear reinforcement under impact load. *Fibers*, 12(10), 79. <https://doi.org/10.3390/fib12100079>
- CYPE Ingenieros. (2026). Generador de Precios de la Construcción: Ecuador. <https://ecuador.generadordeprecios.info/>
- Elgohary, H. A. (2023). Supplementary span-to-depth ratio expressions for one-way and two-way concrete members. *Innovative Infrastructure Solutions*. <https://doi.org/10.1007/s43995-023-00015-3>
- Fan, S., Zhang, Y., Nguyen, T. N. H., & Tan, K. H. (2022). Toward consistent prediction of web-shear capacity for hollow-core slabs using strut-and-tie models. *Journal of Structural Engineering*, 148(7), 04022081. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0003346](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003346)
- Farid, A. F., Kamal, A., & Rashed, Y. F. (2024). An automated optimized design of practical post-tensioned slabs. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71, 161. <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00496-6>
- Hegab, A. A., Kassem, M. E.-S., & Mabrouk, R. T. S. (2025). Flexural behaviour of prestressed post-tension voided biaxial slab under uniformly distributed load. *Civil Engineering Journal*, 11(5), 1870-1890. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2025-011-05-09>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2026). Índice de Precios de la Construcción (IPCO). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-de-precios-de-la-construccion/>
- Ismail, O. S., et al. (2024). Punching shear behavior of flat slabs with post-tensioning in one direction. *Innovative Infrastructure Solutions*. <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01660-w>
- Jeziorski, M., Derkowski, W., & Michelini, E. (2024). Vertical load distribution in precast hollow core floors: State of the art and future perspectives. *Structural Concrete*, 25(5), 3412-3429. <https://doi.org/10.1002/suco.202301150>
- Jin, J., Hu, Y., et al. (2025). Experimental and numerical studies on the mechanical behavior of novel bidirectional prestressed prefabricated composite slabs. *Buildings*, 15(2), 232. <https://doi.org/10.3390/buildings15020232>
- Lee, D., Park, M. K., Yang, Y., & Kim, K. S. (2025). Shear capacity of composite precast prestressed hollow-core slabs. *ACI Structural Journal*, 122(6), 87-100. <https://doi.org/10.14359/51748928>
- Mavisa. (2026). Prefabricados y pretensados de hormigón. <https://mavisa.ec/>
- Park, M. K., Lee, D., Yang, Y., Zhang, D., & Kim, K. S. (2022). Composite performance of prestressed hollow-core slabs with cast-in-place topping concrete. *ACI Structural Journal*, 119(3), 153-164. <https://doi.org/10.14359/51734347>
- PCI. (2022). Manual for the Design of Hollow Core Slabs (MNL-116). Precast/Prestressed Concrete Institute.
- Proformas Formales Losa Ecuador. (2026). Proformas formales referenciales para comparación económica de losas pretensadas prefabricadas y postensadas in situ. Documento de trabajo.
- PTI. (2019). Post-Tensioning Manual. Post-Tensioning Institute.
- Rekswardojo, A. P., Senatore, G., Bischoff, M., & Blandini, L. (2024). Design and control benchmark of rib-stiffened concrete slabs equipped with an adaptive tensioning system. *Journal of Structural Engineering*, 150(1), 04023200. <https://doi.org/10.1061/JSENDH.STENG-12320>

- Servicio Nacional de Contratación Pública. (2026). Portal de Compras Públicas y documentación de referencia para análisis de precios unitarios en contratación pública. <https://portal.compras-publicas.gob.ec/sercop/>
- Sjah, J., et al. (2025). Comparative analysis of post-tensioned flat slab with conventional design using Building Information Modelling (BIM) integration in tower structure. *Journal of Applied Engineering Science*.
- Techart. (2026). Losas alveolares pretensadas. <https://www.techart.ec/losas-vigueta-bovedilla>
- Yepes-Bellver, L., et al. (2025). Surrogate-assisted cost optimization for post-tensioned slabs. *Infrastructures*, 10(2), 43.
- Zelickman, Y., & Amir, O. (2022). Optimization of post-tensioned concrete slabs for minimum cost. *Engineering Structures*, 259, 114132. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114132>

**Cómo citar:** Alcívar Véliz, F. F. ., & Morales Solís, M. S. . (2026). Análisis estructural y económico de losas unidireccionales pretensadas y postensadas. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 10(3), 268–286. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v10.n3.2026.268-286>