



Manual Técnico



PostenCreto®
tecnología en postensado

Un producto de:
OTECO LTDA.
OTERO CONSTRUCCIONES E INGENIERÍA LTDA



Contenido

1. LA EMPRESA

2. POSTENCRETO

- ❑ Introducción
- ❑ Definición
- ❑ Calidad
- ❑ Materiales y Equipo
- ❑ Procedimiento Constructivo
- ❑ Aplicaciones
- ❑ Ventajas
- ❑ Notas de Diseño



1. La Empresa

OTECO LTDA fue fundada en 1977 como una empresa del sector de la construcción. Hoy ofrece los servicios de Diseño y Construcción de Sistemas Postensados, Construcción de Edificaciones y Consultoría Estructural.

En el área de servicios y asesorías en diseño estructural, vulnerabilidad y rehabilitación sísmica de estructuras, la empresa cuenta con una amplia trayectoria con diseños ejecutados en los últimos diez (10) años, que superan 1.000.000 m² de edificaciones en concreto reforzado, sistemas industrializados, estructuras metálicas, puentes vehiculares y peatonales, para diversidad de clientes del sector público y entidades privadas.

Así mismo, hemos ejecutado numerosos contratos de construcción de edificaciones industrializadas y convencionales tanto de vivienda como comerciales e institucionales y obras civiles a entidades oficiales y privadas.

En el desarrollo del sistema postensado a partir de 1994, se ha acumulado una importante experiencia a nivel nacional que supera los 230.000 m² de estructuras postensadas diseñadas y construidas.



2. Postencreto

■ ■ Introducción

A través de ingeniería de innovación y el compromiso de proveer productos y servicios con los mayores estándares de calidad, **OTECO LTDA** con su desarrollo **POSTENCRETO**, continuará ejerciendo el liderazgo en el desarrollo de la tecnología postensada en Colombia para el servicio de nuestros clientes.

El sistema se ha desarrollado con los más altos estándares de calidad y contando con avanzados procedimientos de análisis estructural, lo cual permite un diseño racional optimizado y la construcción acorde a los requerimientos del cliente con simplicidad, eficiencia y productividad.

Un equipo de ingenieros y técnicos con amplia experiencia en este campo trabaja constantemente en el desarrollo del sistema y colabora a proyectistas, administradores y jefes de obra en la ejecución y planificación de proyectos de construcción postensada.



:: Definición

El sistema **POSTENCRETO** de **OTECO LTDA** es un método de reforzamiento del concreto, mediante el uso de cables de acero de alta resistencia instalados según curvaturas y alturas predeterminadas para crear fuerzas reactivas o inversas en el elemento estructural, debidamente anclados a través de cuñas a sus anclajes extremos. Una vez vertido el hormigón en la losa o pieza estructural y adquirida la resistencia inicial de diseño, se procede al tensado de los torones según las indicaciones del proyecto estructural.

El sistema **POSTENCRETO** se caracteriza primordialmente por:

- Un servicio que se ajusta en cada caso a las necesidades y preferencias del cliente.
- Asistencia técnica tanto en la fase de diseño como en la ejecución de los proyectos.
- Equipos de última tecnología, debidamente calibrados.
- Materiales que cumplen satisfactoriamente los estándares de calidad de la industria.
- Un servicio normalizado ISO 9001:2000.



Un producto de:
OTECO LTDA.
OTERO CONSTRUCCIONES E INGENIERÍA LTDA

Calidad



OTECO LTDA ha implementado un sistema completo de calidad, conforme con la Normatividad ISO 9001:2000, el cual incluye la construcción de sistemas postensados, cumpliendo las directrices y estándares de calidad de cada material utilizado en la construcción del sistema **POSTENCRETO**. El sistema de calidad ampara la completa ejecución de los trabajos de postensado en la construcción de losas.



⚡ Materiales y Equipo

⚡ Torón no adherido

El torón no adherido está formado por uno o más hilos de acero de alta resistencia, recubiertos de grasa y una funda de polietileno de alta densidad. Los torones a usar son de bajo relajamiento, libres de esfuerzo residual, fabricados bajo la norma ASTM A416 con esfuerzo último fpu de 1890 Mpa.



Propiedades Mecánicas

TORON	NORMA	FPU	Ø NOMINAL	SECCION NOMINAL	CARGA MIN. DE ROTURA FPI	CARGA MIN. FPI AL 1% EXTENSIÓN
0.5''	ASTM A-416-90	1890 Mpa	12.70 mm	98.71 mm ²	183.7 KN	165.4 KN

: Anclaje

El anclaje es una pieza de hierro fundido, que aloja al sistema de cuñas, diseñada para su uso en conjunción con las cuñas. Los anclajes puede emplearse indistintamente como activos o pasivos. El anclaje activo es donde se realiza el tensionamiento y el pasivo es el encargado de desarrollar la fuerza de reacción, ubicado en el extremo opuesto del torón.



: Cuñas

Las cuñas, son pequeñas piezas de acero aleado de alta resistencia con forma de cono truncado, con un agujero central de superficie dentada, que se encarga de ajustar los torones para bloquear el cable y sostener la tensión en el mismo.





: Equipo de Tensado

El gato hidráulico de uno ó dos pistones, está diseñado para el tensado uno a uno de los anclajes. Su construcción es ligera para operación manual.



: Manómetro

Es el equipo de medición con el cual se verifican las cargas introducidas a los torones. Por tratarse de un sistema hidráulico, los manómetros indican lecturas de presiones, permitiendo calcular la carga que se aplica a los torones, conocido el coeficiente de área activa de los pistones del gato hidráulico.





❑ Procedimiento Constructivo

- Corte, colocación del anclaje pasivo, identificación y transporte de los torones.

Cada torón es cortado según la longitud indicada en los planos, adicionando la requerida para el tensionamiento. Se instala el anclaje pasivo aplicando un tensionamiento para el ajuste de las cuñas. Cada torón es etiquetado para su fácil identificación y colocación. Los torones son embalados en rollos hasta de 2 metros de diámetro y transportados al sitio de armado.

- Colocación e instalación de los torones.

Los planos de construcción indican: el trazado de los torones, la altura que se mide desde el fondo del encofrado, la tensión efectiva esperada después de descontar las pérdidas por penetración de las cuñas, la fricción, el acortamiento elástico del concreto, la relajación del acero, la retracción por fraguado del concreto y el flujo plástico. Por último, la elongación total esperada en el torón cuando se aplica la carga en gato indicada. Cabe anotar que también se encuentran los detalles del refuerzo adicional en la zona de anclaje.



Con esta información se procede al armado de la losa o viga a construir. El trazado de los torones debe seguir una trayectoria regular sin quiebres bruscos. En las zonas de anclajes se debe colocar el refuerzo indicado. Por último, se revisa la solidez de los amarres y el estado de la coraza de plástico para repararla si es necesario.

- Vaciado del concreto.

Armado el Sistema, se procede al vaciado del concreto durante el cual debe tenerse especial cuidado en no desplazar el torón. Debe evitarse la posible aparición de "hormigueros" originados por una deficiencia en vibrado.

- Tensionamiento.

Tan pronto se obtenga la resistencia inicial de diseño del concreto estipulada, se procederá al tensionamiento, el cual desarrolla las siguientes actividades: **1-** Retiro de las bolsilleras, limpieza y colocación de cuñas. **2-** Toma de lectura de la longitud inicial. **3-** Aplicación de la carga de tensionamiento. **4-** Toma de lectura de la longitud final. **5-** Marcado del torón tensionado. **6-** Verificación de la elongación lograda comparada con la descrita en los planos.

– Corte de puntas de cable y resane con mortero de reparación.

(Acabado final).



:: Aplicaciones

LOSAS PLANAS MACIZAS

Para luces mayores a 6 mts. Son utilizadas en edificaciones para vivienda y uso institucional donde se empleen cargas bajas.

LOSAS PLANAS MACIZAS CON CAPITELES

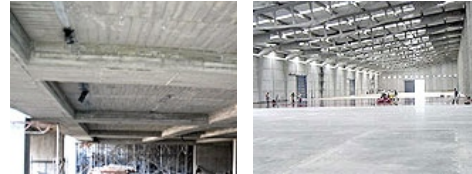
Para luces mayores a 8 mts. Son utilizadas en edificaciones para vivienda, parqueaderos de uso comercial e institucional donde se empleen cargas medias a altas. Los capiteles pueden ser reemplazados por sistemas diseñados para resistir los esfuerzos cortantes de perforación.

LOSAS ALIGERADAS PLANAS

Para luces mayores a 7 mts. con espesor desde 0.20 mts. Son utilizadas en edificaciones para uso de vivienda, institucional, comercial o donde se empleen cargas bajas a medias y donde se requiera un consumo de concreto bajo.

LOSA UNIDIRECCIONAL CON VIGA PLANA

Para luces mayores a 9 mts. Son utilizadas en plataformas de parqueaderos, edificios comerciales o institucionales y donde se empleen cargas medias a altas.



LOSA BIDIRECCIONAL CON VIGA PLANA O DE CANTO

Para luces mayores a 10 mts. Son utilizadas en plataformas de parqueaderos, edificios comerciales o institucionales y donde se empleen cargas medias a altas.

PAVIMENTOS Y PISOS INDUSTRIALES

El postensado permite reducir las juntas de construcción y las juntas de control de fisuración o de dilatación, lo que se traduce en la eliminación casi por completo de las causas de futuros problemas. El postensado permite construir pavimentos de menor espesor a igualdad de cargas y condiciones del suelo.



⚡ Ventajas

- **Economía en construcción**
- **Vigas y losas de menor espesor.**
- **Mayor control de deflexiones**
- **Máxima reutilización de encofrados y puntales**
- **Menor plazo de construcción**

Si la losa es postensada, en general es maciza o aligerada con una incidencia de acero de refuerzo y presfuerzo moderada, lo que permite un ahorro directo de materiales y en la obra, mayor velocidad de construcción y rotación de encofrados.

- **Amplios espacios interiores**
- **Incremento de luces entre columnas**
- **Mayor flexibilidad en las modulaciones de pisos**
- **Alturas de entrepisos acordes a las necesidades del cliente.**
- **Flexibilidad en el diseño arquitectónico**

Si la separación entre columnas es más amplia, en comparación con el de un proyecto tradicional, permitirá mayor flexibilidad en el diseño arquitectónico y mejor aprovechamiento del espacio en proyectos de vivienda plataformas para parqueaderos.



- Menor costo de cimentación.

Si el edificio tiene menor altura para el mismo número de pisos que en un proyecto tradicional, con un peso de la estructura menor, se traducirá en una cimentación más ligera, con sollicitaciones sísmicas menores.

- Control de la fisuración

- Gran capacidad de carga

- Pisos industriales de gran planitud sin juntas

En referencia a pisos industriales y Pavimentos postensados, su menor espesor y la reducción de juntas garantizan una importante economía de construcción y de mantenimiento a largo plazo. La excelente planitud que se logra en pisos industriales garantiza mejores condiciones de operación y apilamiento de carga.



⚡ Notas de Diseño

Introducción

El diseño de los elementos preesforzados debe basarse en la resistencia y en el comportamiento bajo condiciones de servicio, en todas las etapas de carga que puedan ser críticas durante la vida de la estructura, desde el momento en que se aplique por primera vez el preesfuerzo.

Las siguientes disposiciones merecen especial consideración en el diseño de elementos preesforzados.

- 1- Esfuerzos admisibles en el concreto-(Elementos a Flexión)
- 2- Esfuerzos admisibles en los torones de Preesfuerzo.
- 3- Perdidas del Preesfuerzo.

Nos remitiremos siempre en la aplicación de la NSR-98 (Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente) Capitulo C.18 Concreto Preesforzado.



1- Esfuerzos admisibles en el concreto-(Elementos a Flexión)

Los esfuerzos en el concreto, después del tensionamiento, no deben exceder los siguientes valores:

a- Esfuerzo en la fibra extrema a compresión $0.60 f_{ci}$ (c.18.4.1)

b- Esfuerzo en la fibra extrema a tracción excepto lo $\frac{\sqrt{f'_{ci}}}{4}$
Permitido en (c)

c- Esfuerzo en la fibra extrema a tracción en los extremos $\frac{\sqrt{f'_{ci}}}{2}$
de los elementos simplemente apoyados

f'_{ci} = Resistencia a la compresión del concreto en el momento del tensionamiento en Mpa.

Donde los esfuerzos de tracción calculados excedan los valores dados anteriormente, debe suministrarse refuerzo auxiliar adherido (Preesforzado o no preesforzado) en la zona de tracción para resistir la totalidad de la fuerza de tracción en el concreto calculada bajo la suposición de que la sección no está fisurada.



Donde los esfuerzos de tracción calculados excedan los valores dados anteriormente, debe suministrarse refuerzo auxiliar adherido (Preesforzado o no preesforzado) en la zona de tracción para resistir la totalidad de la fuerza de tracción en el concreto calculada bajo la suposición de que la sección no está fisurada.

2- Esfuerzos admisibles en los torones de preesfuerzo.

El esfuerzo de tracción en los torones de preesfuerzo no debe exceder los siguientes valores:

$$0.94 f_{py} \quad (\text{C.18.5.1})$$

a) Debido a la fuerza en el gato pero no puede $0.82 f_{py}$ (C.18.5.1)
ser mayor que el menor valor entre 0.80 fpu
y el valor máximo recomendado por el
fabricante de los torones de preesfuerzo o los anclajes

b) Inmediatamente después de la transferencia $0.70 f_{py}$ (C.18.5.1)
del preesfuerzo pero no mayor de 0.74fpu

c) Torones de postensado, en los anclajes y acoples,
Inmediatamente después del anclaje de los torones.

f_{py} = Resistencia nominal a la fluencia de los torones de preesfuerzo, expresada en Mpa.

f_{pu} = Resistencia nominal a la tracción de los torones de preesfuerzo, expresada en Mpa.



3- Pérdidas del Preesfuerzo.

Para determinar el preesfuerzo efectivo, f_{se} , se deben considerar reducciones causadas por las pérdidas debidas a:

a) Pérdidas inmediatas Δp_i

- Pérdidas por fricción debidas a la curvatura en los torones. Δp_f
- Penetración de las cuñas Δf_{PA}
- Acortamiento elástico del concreto. Δf_{PA}

b) Pérdidas a largo plazo Δp_l

- Retracción del concreto
- Flujo plástico del concreto.
- Relajación del acero

$$P_x = P_s - \Delta p_i - \Delta p_l$$

Donde P_x = fuerza en el torón de preesfuerzo en cualquier punto x.
 P_s = fuerza en el torón de preesfuerzo en extremo del gato.

-Pérdidas por fricción: se calculan por la formula de coulomb.

$$\Delta p_f = P_s * e(K * l + \mu * \alpha) \quad (C. 18.6.2)$$

Cuando $(K * l + \mu * \alpha)$ sea menor de 0.3, el efecto de las pérdidas por fricción puede calcularse utilizando:

$$\Delta p_f = P_s (1 + K * l + \mu * \alpha)$$



Donde l_x = longitud del torón de preesforzado desde el extremo del gato hasta cualquier punto x , en metros.

K = coeficiente de fricción por desviación, por metro de torón de preesfuerzo.

μ = coeficiente de fricción por curvatura, por radián.

α = variación angular total del perfil del torón de preesfuerzo, en radianes, desde el extremo del gato hasta cualquier punto x .

Coefficientes de fricción para torones no adheridos pre- engrasados	Coefficiente por desviación, K	Coefficiente por curvatura, μ
Torones de 7 alambres	0.0003 – 0.0040	0.05 – 0.15

Fuente: Tabla C.18.1 (NSTR-98)

*Valores determinados experimentalmente.

-Pérdidas por penetración de cuñas: Al final del proceso del tensionamiento de un torón, el gato hidráulico encaja en posición las cuñas a cierta presión. Tras el ajuste de cuñas, el gato se relaja transmitiendo la fuerza de retención del torón a las cuñas. En ese momento las cuñas se introducen unos milímetros más adentro. Dicho desplazamiento se conoce normalmente como penetración por cuña y se evalúa utilizando la ecuación⁽¹⁾ :

$$\Delta f_{PA} = \frac{\Delta A}{L} E_s$$

Donde ΔA = Penetración de la cuña

L = Longitud del torón

E_s = Modulo elástico del acero



Donde ΔA = Penetración de la cuña
 L = Longitud del torón
 E_s = Modulo elástico del acero

- **Acortamiento elástico del concreto:** El acortamiento del concreto por tensionamiento de un torón induce pérdida de tensión en otros ya tensionados. Esta influencia en un principio es despreciable porque las deformaciones axiales del concreto son muy pequeñas con respecto a las del acero de los torones⁽¹⁾.

$$\epsilon_{ES} = \frac{\Delta_{ES}}{L}$$

Δ_{ES} = Acortamiento del concreto

$$\epsilon_{ES} = \frac{f_{cs}}{E_c} = \frac{P_i}{A_c \times E_c}$$

f_{cs} = Preesfuerzo inicial
 P_i = Fuerza inicial del gato aplicada
 A_c = Área del concreto
 E_c = Módulo de elasticidad del concreto

Dado que el torón sufre el mismo acortamiento, las pérdidas son iguales a:

$$\Delta f_{pES} = E_s \times \epsilon_{ES} = \frac{E_s \times P_i}{A_c \times E_c} = \frac{n P_i}{A_c} = n f_{cs}$$

Nawy, edward. Prestressed Concrete. Prentice Hall. 1989



Si la fuerza es aplicada en toda su longitud en el centroide de la sección tenemos:

$$f_{cs} = -\frac{P_i}{A_c}$$

Conociendo la carga aplicada $P_i = f_i APs$

Donde $f_i =$ % aplicado del f_{py} del torón.

Si existe alguna excentricidad respecto al torón y el centroide para esta distancia e , el esfuerzo aplicado sería igual a:

$$f_{cs} = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) + \frac{M_D \times e}{I_c}$$

$e =$ Distancia al centroide

$$r^2 = \frac{I_c}{A_c}$$

$$M_D = \frac{wl^2}{8}$$

$w =$ Peso propio

Al presentarse el tensionamiento de varios torones las pérdidas uno a uno sería:

$$\Delta f_{pES} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-1} \frac{j}{n-1} (\Delta f_{pES})$$

$j =$ Número de operaciones del gato

$n =$ Es el número de torones o pares secuencialmente tensionados



- **Retracción del concreto (SH):** Está retracción conlleva un acortamiento del concreto y del acero, resultando una disminución de la fuerza del preesfuerzo. La magnitud de este acortamiento depende de varios factores, tales como el tipo de agregado utilizado, el tipo de cemento, el tiempo de curado, el tiempo transcurrido desde el vaciado hasta el tensionamiento y las condiciones ambientales. Aproximadamente el 80% del acortamiento toma parte en el primer año de vida de la estructura.

La perdida por acortamiento es igual a⁽¹⁾ :

$$\Delta f_{pSH} = 8.2 \times 10^{-6} K_{SH} E_s \left(1 - 0.06 \frac{V}{S} \right) (100 - RH)$$

Donde KSH para elementos postensados varía en:

Días	1	3	5	7	10	20	30	60
K _{SH}	.92	.85	.8	.77	.73	.64	.58	.45

$\frac{V}{S}$ = Volumen – radio de superficie

RH = Humedad Relativa

- Flujo plástico del concreto: Es claro que los torones producen compresión en forma permanente en la pieza estructural de concreto, lo cual hace a través del tiempo que el concreto se acorte. Este acortamiento es llamado flujo plástico, el cual provoca en los aceros un acortamiento del mismo valor. Esta pérdida de tensión es calculada mediante la siguiente expresión⁽¹⁾ :

$$\Delta f_{pCR} = K_{CR} \frac{E_S}{E_C} \left(f_{CS}^- - f_{csd}^- \right)$$

KCR =1.6 Para elementos postensados

$$f_{CS} = -\frac{P_i}{Ac} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) + \frac{M_D \times e}{I_c}$$

f_{CS}= Esfuerzo en el concreto respecto el centroide considerando sólo el peso propio de la sección.

$$M_{SD} = \frac{w_D * l^2}{8}$$

-Relajación del acero:

La magnitud de la relajación del acero de preesfuerzo no depende únicamente del tiempo, también depende de la relación entre esfuerzo inicial y el esfuerzo de fluencia del acero⁽¹⁾.

$$\Delta f_{pR} = f'_{pi} \frac{\log t}{10} \left(\frac{f'_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right)$$

f'_{pi} = Esfuerzo de máximo del torón

f'_{py} = Esfuerzo de máximo del torón

t= Tiempo en horas