

# **GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES**

**FABIÁN MAURICIO GAMBOA BOHÓRQUEZ**

## Contenido

	Pág.
<b>Introducción</b> .....	3
<b>Normativa</b> .....	3
<b>Responsabilidades</b> .....	3
<b>1. Conceptos fundamentales</b> .....	4
<b>1.1. Definición de sistemas postensados</b> .....	4
<b>1.2. Tipos de sistemas postensados: sistemas adheridos y no adheridos</b> .....	4
<i>1.1.2 Sistemas adheridos</i> .....	4
<i>1.2.2. Sistemas no adheridos</i> .....	4
<b>1.3. Ventajas de los sistemas postensados</b> .....	4
<b>2. Materiales y equipos</b> .....	4
<b>3. Selección y control de materiales</b> .....	6
<b>3.1. Inspección de equipos de postensado</b> .....	7
<b>3.2. Verificación de los materiales</b> .....	7
<b>4. Procedimientos de Supervisión Técnica</b> .....	7
<b>4.1. Inspección inicial</b> .....	7
<b>4.2. Supervisión durante la instalación</b> .....	8
<b>4.3. Supervisión durante vaciado de concreto</b> .....	9
<b>4.4. Supervisión durante el tensionamiento, elongación y terminado de cables</b> .....	10
<b>ANEXOS</b> .....	12
<b>REFERENCIAS</b> .....	13

# GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

## **Introducción**

La base teórica de la utilización de sistemas postensados en edificaciones, específicamente los entrepisos a base de losas postensadas, radica en el principal material que hace parte de estos sistemas; el concreto, este material es inherentemente eficiente en soportar las fuerzas compresivas mientras que los tendones de postensado son eficientes en soportar fuerzas de tracción. Por lo tanto, el uso en conjunto de estos dos materiales permite construir estructuras seguras y con amplios beneficios, económicos y a nivel estructural. (Post- Tensioning Manual, 2006)

Los sistemas postensados en losas se utilizan ampliamente en la ingeniería civil para mejorar la resistencia y durabilidad de estructuras, además de presentar muchas ventajas en otros aspectos relevantes de los proyectos de construcción, como puentes, edificios y carreteras. Por lo tanto, es fundamental una supervisión rigurosa durante todas las etapas de su proceso constructivo para garantizar su seguridad y durabilidad. (Torres, J., Gómez, R. & Pérez, M. 2018)

Durante la construcción la supervisión debe tener inspecciones visuales para evaluar la colocación correcta de tendones; como también la revisión de los elementos y equipos necesarios para su instalación.

Este manual proporciona una base para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones, destacando consideraciones claves y las mejores prácticas en procesos constructivos. Para contextualizar adecuadamente este manual se revisaron estudios previos, normativas nacionales e internacionales y más específicamente trabajo práctico en estructuras con entrepisos a base de losas postensadas.

## **Normativa**

En Colombia, la supervisión en sistemas postensados en losas se rige por normativas que establecen requisitos técnicos y directrices para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras. Esta guía está basada en algunos criterios estipulados en la Norma Sismo Resistente Colombia, 2010, específicamente en las secciones C.18.13 y C.18.23. También hay recomendaciones tomadas del Post- Tensioning Manual, 2006 que fueron adaptadas al trabajo en campo realizados.

## **Responsabilidades**

La gran parte de los detalles y recomendaciones sugeridas plasmadas en esta guía básica son realizadas de acuerdo con las prácticas y experiencia en campo generalmente aceptadas. Pueden variar los detalles y especificaciones según cada diseñador y profesionales de instalación, tensionado y acabado de tendones. Procure basar la supervisión técnica siempre teniendo en cuenta las indicaciones escritas por parte de los contratistas por encima de esta guía.

## 1. Conceptos fundamentales

### 1.1. Definición de sistemas postensados

El concreto postensado es un método de fortalecimiento en el cual se emplean cables de acero que se insertan en un conducto para evitar que se adhieran al concreto. Se aplican fuerzas contrarias a las generadas por las cargas de trabajo, lo que resulta en un aumento de su capacidad de carga. Esto implica un estado especial de tensiones y deformaciones. La aplicación de estas fuerzas se lleva a cabo una vez que el concreto ha fraguado y alcanzado una resistencia específica definida por el diseñador. (Post-Tensioning Manual, 2006)

### 1.2. Tipos de sistemas postensados: sistemas adheridos y no adheridos

#### 1.1.2 Sistemas adheridos

El sistema adherido consiste en agrupar cables en un ducto de PVC corrugado en la parte exterior para ayudar a la adherencia con el concreto y en la parte interior los tendones quedan libres inicialmente para ser tensados haciendo uso de gatos hidráulicos. Posteriormente, se procede a la inyección de lechada de cemento, para asegurar la adherencia de los cables al concreto. (CCL Perú)

#### 1.2.2. Sistemas no adheridos

El sistema no adherido no requiere ductos corrugados ni la inyección de lechada, solo son necesarios cables de baja relajación revestidos. El revestimiento permite el libre movimiento del cable respecto al concreto que lo rodea durante la acción del tensado. (CLL Perú)

### 1.3. Ventajas de los sistemas postensados

Los principales beneficios de utilizar vigas y losas postensadas en edificaciones son:

- La posibilidad de diseñar estructuras con grandes luces, que se relaciona directamente con la reducción de costos.
- Reducción en secciones transversales en vigas lo que supone una reducción en la altura de las edificaciones.
- Eficiencia y durabilidad del sistema; las estructuras requieren menor mantenimiento y presentan una alta durabilidad y resistencia en edificaciones.
- Mayor control de fisurar y deflexiones; se incrementa la rigidez del elemento y ayuda a controlar y a contrarrestar la contracción y fisuras por flexión.
- Presenta un importante ahorro de materiales debido a los beneficios de diseño que presentan estos sistemas.

## 2. Materiales y equipos

Para la instalación de los sistemas postensados en edificaciones se necesita el uso de los siguientes materiales y equipos:

## GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

- **Torón no adherido:** Se compone por uno o más hilos de acero de alta resistencia dispuestos en espiral y están diseñados para operar bajo tensión, recubiertos con grasa y un revestimiento de polietileno de alta densidad. Los torones son de baja relajación, libres de esfuerzo residual. (PSI Concreto)



*Figura 1. Torón no adherido engrasado. Fuente: Propia*

- **Anclaje:** Es una pieza de hierro fundido, pueden emplearse como activos o pasivos. El anclaje activo es donde se lleva a cabo el proceso de tensionamiento, mientras que el anclaje pasivo es el responsable de generar la fuerza de reacción y se encuentra en el extremo opuesto del torón.



*Figura 2. Anclaje Fuente: Propia*

- **Cuñas:** Las cuñas son pequeños componentes fabricados en acero aleado de gran resistencia y tienen una forma de cono truncado. Cuentan con un agujero en el centro que presenta una superficie dentada y su principal función es la de regular los torones para asegurar el cable y mantener la tensión en él. (MTT Maxim)

## GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES



Figura 3. Cuñas. Fuente: Postensado México Sitio web: <https://postensadomexico.com/>

- **Manómetro:** Es un instrumento que indica lecturas de presiones, lo que permite calcular la carga aplicada a los torones. Debe estar debidamente calibrado y verificado.



Figura 4. Manómetro. Fuente: Propia

- **Gato hidráulico:** Es un dispositivo mecánico utilizado para ejercer la fuerza en el tendón e inducir al tensado. (PTI, Post Tensioning Institute)



Figura 5. Gato hidráulico. Fuente: Propia

### 3. Selección y control de materiales

Para la recepción, control y selección de los materiales deben solicitarse cada uno de los elementos a utilizar con su respectivo certificado y tener algunos puntos importantes claros a tener en cuenta.

# GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

- Revisar fechas de los ensayos y certificaciones para solicitar nuevos ensayos en caso de vencimiento.
- En caso de cambiar los materiales o elementos a utilizar en los sistemas postensados, solicitar los certificados y ensayos correspondientes.
- En caso de cambiar de proveedor solicitar nuevamente certificados y ensayos.

## 3.1. Inspección de equipos de postensado

Los equipos utilizados en el tensionamiento de los tendones deben estar debidamente certificados y con los registros de calibración con fechas; así se puede tener un control para garantizar elongaciones dentro de los parámetros y para poder identificar posibles errores ocasionados por mal uso de los equipos o errores en la calibración.

## 3.2. Verificación de los materiales

Los certificados y registro de calibración deben tener información importante relacionada con la entrega de estos, fechas, números de serie, resultados y ofrecer una forma de verificación de cada uno. Ver anexos ejemplos de ensayos y registros de calibración.

## 4. Procedimientos de Supervisión Técnica

En esta sección se tratan los puntos más importantes para tener en cuenta a la hora de supervisar el sistema postensado y sus diferentes procesos: instalación, vaciado del concreto y tensionamiento.

### 4.1. Inspección inicial

La inspección inicial tiene como objetivo hacer un barrido del proyecto en ejecución, su uso y la disposición de los sistemas postensados; hacer la verificación de todos los planos donde se especifiquen todos los parámetros para la instalación del sistema postensados, ya sea cantidad de cables, altura de los cables en los diferentes puntos a lo largo de su longitud y la correcta verificación de los elementos en los cuales va instalado. En la figura 6 se muestra un ejemplo de los detalles y especificaciones de un plano estructural de sistemas postensados.

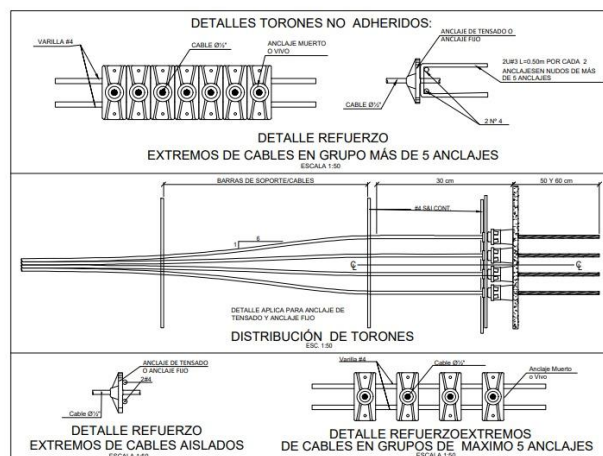
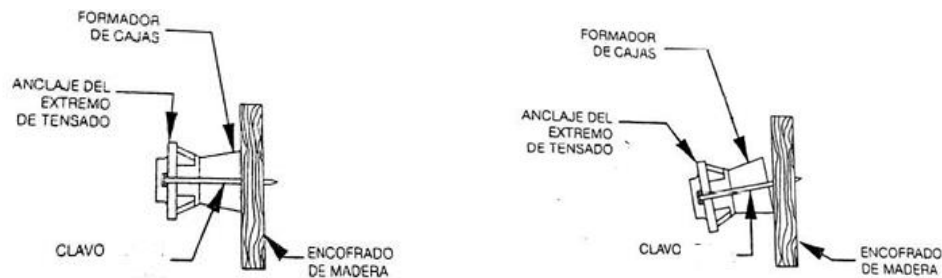


Figura 6. Detalle anclaje torones. Fuente: DIP SAS

#### 4.2. Supervisión durante la instalación

En la instalación deben tenerse en cuenta aspectos muy importantes para evitar errores en los siguientes procesos; vaciado de concreto y tensionamiento. El personal capacitado y experimentado en la instalación deberá seguir las especificaciones dispuestas por el diseñador y recomendaciones sugeridas por los profesionales en la supervisión.

- Deben garantizarse las especificaciones en los planos suministrados por los diseñadores. Se debe tener especial cuidado con la disposición del acero del elemento, viga o placa. En caso de hacer modificaciones en las alturas por constructibilidad debe cumplir según los rangos especificados.
- Los anclajes deben estar uniformes y previamente revisados y libres de deformidades y vacíos. Debe garantizarse que no tenga orificios donde el concreto pueda colarse. En la Figura 7 se puede observar la forma correcta e incorrecta de ubicar los anclajes.



Posición correcta del anclaje

Posición incorrecta del anclaje

Figura 7. Posición anclaje Fuente: *Post-Tensioning Manual, 2006*

- Verificar los anclajes y realizar limpieza en caso de necesitarlo. Para suciedad extremas se recomienda limpieza química.
- Los cables deben cumplir con el grosor especificado y su recubrimiento debe ser homogéneo. No debe tener ninguna alteración como topes o desgaste. (Tomado: *Post-Tensioning Manual, 2006*)
- Revisar la corrosión en los extremos donde se eliminó previamente el recubrimiento; verificar la longitud eliminada del revestimiento.
- Verificar el revestimiento en los extremos fijos; debe cumplir las especificaciones en los planos. (Tomado: *Recomendaciones por expertos en la disciplina*)
- Las colas de los tendones deben tener la longitud especificada y revisar el revestimiento eliminado.

En la Figura 8 se pueden observar algunos procedimientos de instalación de anclajes.



Figura 8. Anclajes montados. Fuente: Propia

Nota: Ver anexos formato de inspección sugerido.

#### 4.3. Supervisión durante vaciado de concreto

Para el vaciado del concreto deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Realizar una inspección rápida confirmando la correcta posición de los anclajes y soportes.
- Evitar el uso de aditivos que en su composición química contengan cloruro de calcio; esto para evitar que al contacto con los tendones puedan sufrir alteraciones en su recubrimiento. *(Tomado: Post-Tensioning Manual, 2006)*
- Procurar un hormigón fluido para que pueda extenderse y su compactación sea sencilla; debe garantizarse una alta resistencia inicial. *(Tomado: Recomendaciones por expertos en la disciplina)*
- Debe tenerse en cuenta el proceso de vaciado dependiendo del método utilizado porque podría causar desplazamientos horizontales en los cables.
- El proceso de vibrado debe ser supervisado en los puntos críticos ya que podría causar desplazamiento de soportes o anclajes; los tendones podrían sufrir daños o desplazamiento.
- Se debe revisar y hacer limpieza, después del vaciado y antes de su endurecimiento, las piezas de anclajes pueden tener trazas de hormigón que podrían afectar el proceso de tensionamiento.

En la Figura 9 se muestra el terminado del sistema postensado antes del proceso de tensionamiento.



Figura 9. Montaje después de concreto. Fuente: Propia

#### 4.4. Supervisión durante el tensionamiento, elongación y terminado de cables

Debe encargarse personal capacitado y experimentado para realizar el tensionamiento y debe garantizarse la seguridad de los trabajadores. Antes del tensionamiento debe verificarse si el concreto alcanzó la resistencia necesaria, que puede oscilar entre un 60 y 80%. (Tomado: *Post-Tensioning Manual, 2006*)

Los cables deben estar debidamente marcados; esto facilita el reconocimiento los tendones que han sido tensados y define el alargamiento. Estas son algunas recomendaciones para tener en cuenta:

- Antes de realizar el tensado debe confirmarse nuevamente las tablas actualizadas de calibración.
- Verificar la presión aplicada según las tablas suministrada teniendo en cuenta el tipo de gato que se está utilizando.
- Observar la manipulación del gato y el cuidado de la persona capacitada.
- Debe verificarse que las elongaciones estén dentro de los parámetros especificados.
- Debe verificarse que se registren correctamente las elongaciones.
- Una vez aprobadas las elongaciones debe verificarse que se hayan cortado las colas de los tendones a la profundidad adecuada inmediatamente después de que las elongaciones hayan sido aprobadas.

Tenga en cuenta que si en el proceso de elongación, el primer tendón sometido al proceso no cumple con el rango especificado de tensionamiento, debe pararse inmediatamente la actividad para poder identificar los posibles errores, ya sean de montaje o de equipos. En la Figura 10 se muestra parte del procedimiento de tensionamiento.

## GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES



*Figura 10. Proceso tensionamiento. Fuente: Propia*

# GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

## ANEXOS

### LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LOSS CONTROL INSTRUMENTS COLOMBIA S.A.S.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
RLC-002/A REV. 4 19/01/2023  
NÚMERO: LCI-P-1090-23



#### INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN:

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

#### OBSERVACIONES:

- El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.
- El intervalo de medida, secuencia de calibración (Completa) y especificación de exactitud (0,05 % F.S) fueron establecidos por el cliente.
- IBC= Ítem bajo calibración

Fecha de emisión	Autoriza emisión
2023-06-23	HANS NIKOLA ARAQUE CORREA Firmado digitalmente por HANS NIKOLA ARAQUE CORREA Fecha: 2023.06.23 07:16:48 -05'00' D. T. Laboratorio de calibración

\*\*\*\*\*FIN DE ESTE CERTIFICADO\*\*\*\*\*

### LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LOSS CONTROL INSTRUMENTS COLOMBIA S.A.S.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
RLC-002/A REV. 4 19/01/2023  
NÚMERO: LCI-P-1090-23



#### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

Al ítem bajo prueba se le efectuó una inspección física de su estado antes de realizar la calibración. Los resultados de la calibración se detallan a continuación:

Fluido utilizado en calibración: Agua destilada  
Secuencia realizada en la calibración: Completa

Indicación patrón (Medio de las lecturas) psi	Indicación IBC (Medio de las lecturas) psi	Error psi	Factor de cobertura k	Incertidumbre psi
0,0	-1	-1,0	2,00	2,3
1000,0	999	-1,0	1,97	2,3
2000,2	1999	-1,2	1,97	2,3
3001,0	3000	-1,0	1,97	2,3
4001,1	4000	-1,1	1,97	2,3
5000,4	4999	-1,4	1,97	2,3
5999,4	5999	-0,4	1,97	2,3
6998,7	6998	-0,7	1,97	2,3
7998,1	7997	-1,1	1,97	2,3
8997,5	8997	-0,5	1,97	2,3
10 000,0	9999	-1,0	1,97	2,3

Tabla N° 3.

Para cálculo de resultados a Sistema Internacional de Unidades, usar el siguiente factor de conversión de acuerdo al apéndice B "Guide for the use of international system of units" de NIST:

Factor de conversión: 1 psi = 6,894757 kPa

### LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LOSS CONTROL INSTRUMENTS COLOMBIA S.A.S.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
RLC-002/A REV. 4 19/01/2023  
NÚMERO: LCI-P-1090-23



SOLICITANTE	: ROCHA Y LONDOÑO S.A.S.
SITIO DE MEDICIÓN	: LCI COLOMBIA S.A.S., Laboratorio, Calle 120 No. 46 - 06, Bogotá D.C.
ÍTEM DE CALIBRACIÓN	: Manómetro digital
FABRICANTE	: Druck (General Electric)
MODELO:	: DPI-104-1S
SERIE DEL INDICADOR	: 3320322
SERIE DEL SENSOR	: No porta
RESOLUCIÓN	: 1 psi
INTERVALO DE INDICACIÓN	: 0 psi a 10 000 psi
INTERVALO DE MEDIDA	: 0 psi a 10 000 psi
IDENTIFICACIÓN	: 3697
CIUDAD / DIRECCIÓN	: Bogotá D.C. / Calle 17 # 22-24
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2023-06-09
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2023-06-20
NÚMERO DE PÁGINAS	: 4

Orden interna de servicio: LCI-01-C-156-23

Este certificado de calibración solo podrá ser reproducido en su totalidad, para reproducciones parciales se debe obtener autorización por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma no es válido.

Los resultados obtenidos en el presente certificado, se relacionan solamente al ítem sometido a calibración en el momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. LCI COLOMBIA S.A.S. no se hace responsable de los perjuicios que se pueden originar por el uso inadecuado del ítem calibrado.

*Nota: Ejemplo certificados de calibración extraídos de una obra en curso en la ciudad de Bucaramanga*

## REFERENCIAS

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 2*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica.
- Krauser, L., Mathews, T. (2006). Manual instructivo para el entrenamiento y certificación de personal de campo para postensado sin tendones adherentes. *Estados Unidos*.
- CLL PERÚ (junio, 2018). Losas Postensadas. CLL PERÚ [CCL PERÚ - CCL Losas Postensadas. - Revista Constructivo](#)
- Montes Raymundo, E., & Yalli Raymundo, J. C. (2021). DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO LOSAS POSTENSADAS CON TENDONES NO ADHERIDOS.
- Torres, J., Gómez, R., & Pérez, M. (2018). Análisis de la influencia de la supervisión en la calidad de sistemas postensados en losas. *Revista de Ingeniería Civil*, 23(2), 105-114.
- León, M. A. (2008). DISEÑO Y APLICACIÓN DE SISTEMAS DE POSTENSADO DE LOSAS CON TENDONES NO ADHERIDOS EN ESTRUCTURAS DE USO HABITACIONAL Y COMERCIAL.