

**LIBRO:** CTR. CONSTRUCCIÓN  
**TEMA:** CAR. Carreteras  
**PARTE:** 1. CONCEPTOS DE OBRA  
**TÍTULO:** 02. Estructuras  
**CAPÍTULO:** 007. Estructuras de Concreto Presforzado

**A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los aspectos a considerar en la construcción de estructuras de concreto presforzado.

**B. DEFINICIÓN**

Las estructuras de concreto presforzado son las formadas por uno o varios elementos de concreto hidráulico sometidos a esfuerzos previos de compresión que alivian o eliminan los esfuerzos de tensión que se producen en condiciones de servicio. Las estructuras de concreto presforzado se clasifican en estructuras postensadas y estructuras pretensadas y pueden ser elementos colados en el sitio o elementos precolados.

**C. REFERENCIAS**

Son referencias de esta Norma, las Normas aplicables de los Títulos 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, 03. *Acero y Productos de Acero* y 04. *Soldadura*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Ejecución de Obras.....	N-LEG-3
Concreto Hidráulico.....	N-CTR-CAR-1-02-003

Acero para Concreto Hidráulico..... N-CTR-CAR-1-02-004

Criterios Estadísticos de Muestreo..... M-CAL-1-02

## **D. MATERIALES**

- D.1.** Los materiales que se utilicen en la construcción de estructuras de concreto presforzado, cumplirán con lo establecido en las Normas aplicables de los Títulos 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, 03. *Acero y Productos de Acero* y 04. *Soldadura*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría.
- D.2.** Para prevenir la corrosión, se prohíbe el uso de aditivos que contengan cloruro de calcio para fabricar el concreto para estructuras presforzadas, especialmente cuando se emplea curado a vapor.
- D.3.** No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D.1. de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el Contratista de Obra.
- D.4.** Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra los corrija o los remplace por otros adecuados, por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

## **E. EQUIPO**

El equipo que se utilice para la construcción de estructuras de concreto presforzado, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la

ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

### **E.1. GATOS HIDRÁULICOS**

De la capacidad y en la cantidad suficiente, de acuerdo con los requisitos establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

### **E.2. MANÓMETROS**

Dispositivos de indicación del equipo de tensado empleado para medir los esfuerzos inducidos en las operaciones de pretensado o postensado.

## **F. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas aplicables de los Títulos 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, 03. *Acero y Productos de Acero* y 04. *Soldadura*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Los dispositivos para el manejo y la sujeción lateral de las traveses, sólo podrán ser retirados cuando éstas queden montadas en su posición final y debidamente contraventeadas.

## **G. EJECUCIÓN**

### **G.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

**G.1.1.** Para la construcción de estructuras de concreto presforzado se considerará lo señalado en la Cláusula D. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*.

- G.1.2.** El Contratista de Obra facilitará el acceso al sitio de fabricación de las piezas, para que el personal que asigne la Secretaría verifique el cumplimiento del proyecto en tiempo y calidad, los procedimientos de construcción y pueda efectuar los muestreos y pruebas que considere necesarias.
- G.1.3.** Durante la ejecución de la obra, el Contratista de Obra dispondrá de los servicios de un técnico especializado en concreto presforzado, experto en el sistema que se vaya a emplear, para supervisar la fabricación en las diferentes etapas y el manejo de todos los elementos estructurales y de sus partes.

## **G.2. ACERO DE PRESFUERZO**

- G.2.1.** El tipo, dimensiones, características y ubicación del acero de refuerzo adicional y de presfuerzo, así como los dispositivos para su colocación y tensado, serán los establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- G.2.2.** La habilitación y colocación del acero de presfuerzo, así como del refuerzo adicional, se ejecutarán considerando lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-02-004, *Acero para Concreto Hidráulico*.

## **G.3. DUCTOS**

- G.3.1.** Los ductos y sus uniones serán herméticos, para impedir la entrada de agua o lechada del concreto hidráulico. Los ductos no se arrastrarán ni se dejarán caer; al colocarse estarán libres de materias extrañas, abolladuras u oxidación.
- G.3.2.** A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, el diámetro interior de los ductos será entre cuatro (4) y seis (6) milímetros mayor que el diámetro del cable.
- G.3.3.** Los ductos se mantendrán en posición sujetándolos firmemente al acero de refuerzo o al molde, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría; no se permitirá el colado hasta que la Secretaría apruebe la posición de los ductos y su fijación.

#### G.4. CONCRETO HIDRÁULICO

- G.4.1.** El tipo y características del concreto hidráulico, serán los establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- G.4.2.** La fabricación y colocación del concreto hidráulico, se ejecutarán considerando lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-02-003, *Concreto Hidráulico*.
- G.4.3.** Las cabezas o placas de concreto hidráulico para la distribución de los esfuerzos en los extremos de las trabes serán precoladas, empleando moldes especiales para garantizar la precisión de su geometría, teniendo especial cuidado en su fabricación, manejo y colocación; no se aceptarán las que presenten desportilladuras o cualquier otro defecto, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

#### G.5. TENSADO

- G.5.1.** A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, en elementos postensados, el tensado inicial se hará después de que el concreto hidráulico haya adquirido el ochenta (80) por ciento de la resistencia a la compresión de proyecto ( $f'c$ ), previa verificación de que los cables se deslicen libremente dentro de los ductos. El tensado total se realizará cuando el concreto hidráulico haya adquirido la resistencia a la compresión que establezca el proyecto ( $f'c$ ). En el caso de trabes el alma estará en posición vertical y con la sujeción lateral necesaria.
- G.5.2.** Las tensiones aplicadas a cada cable, correspondientes a la carga de proyecto, se verificarán con el alargamiento medido en el extremo del cable o en ambos extremos cuando se tense por los dos lados. De no satisfacerse esta correspondencia, se suspenderá el tensado en tanto que se corrijan las causas. Si las causas son ocasionadas por negligencia del Contratista de Obra, éste las corregirá por su cuenta y costo; los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.
- G.5.3.** A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, una vez que se haya terminado el tensado y dentro de un plazo máximo de veinticuatro (24) horas, se

llenarán los ductos inyectándolos a presión con lechada de cemento con la proporción establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría.

- G.5.4.** En elementos colados en el lugar, la remoción de las cimbras o moldes sólo podrá efectuarse después de aplicado el tensado inicial o el total, protegiendo los cables de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

## **G.6. CONEXIONES ENTRE ELEMENTOS**

Las conexiones entre elementos de las estructuras de concreto presforzado para sistemas estructurales, se ejecutarán de tal manera que cumplan con:

- G.6.1.** Transmitir el cortante, el momento, la tensión axial y la compresión axial, según lo indique el proyecto.
- G.6.2.** Adaptarse a todas las combinaciones de carga de diseño, incluyendo la superposición de la carga viva, la carga por viento y los efectos sísmicos, dentro de los esfuerzos y deformaciones permisibles en el elemento, en su apoyo y en el ensamble total de la conexión.
- G.6.3.** Absorber los cambios de volumen debidos al flujo plástico, la contracción y la temperatura, sin exceder los esfuerzos y deformaciones permisibles en el elemento, su apoyo y en el ensamble total de la conexión.
- G.6.4.** Aceptar las sobrecargas, es decir la carga última de diseño, de manera que no se presenten fallas en las juntas y conexiones antes de la falla principal en el elemento, a menos que la junta se diseñe precisamente para romperse antes de presentarse dicha falla.
- G.6.5.** Funcionar como conexión según lo establezca el proyecto, ya sea junta de expansión, de continuidad, articulada o de otro tipo, sin importar los efectos del tiempo y del ambiente previstos.
- G.6.6.** Resistir la corrosión y el fuego de acuerdo con el proyecto, así como los giros y expansiones debidos a los incrementos de temperatura mientras el elemento esté expuesto al fuego.

- G.6.7.** Asegurar un asiento y funcionamiento adecuado, a pesar de las desviaciones máximas permisibles acumuladas en las tolerancias de fabricación y montaje.
- G.6.8.** Asegurar la impermeabilidad bajo condiciones de trabajo.
- G.6.9.** Suministrar los medios mecánicos necesarios para evitar que un elemento caiga de su asiento bajo condiciones de sismo.

## **G.7. CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación de las estructuras de concreto presforzado, hasta que hayan sido recibidas por la Secretaría, junto con todo el tramo de carretera.

## **H. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que las estructuras de concreto presforzado se consideren terminadas y sean aceptadas por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista de Obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

### **H.1. CALIDAD DEL CONCRETO HIDRÁULICO**

Que el concreto hidráulico cumpla con las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma, así como con lo indicado en la Norma N-CTR-CAR-1-02-003, *Concreto Hidráulico*.

### **H.2. ACERO**

- H.2.1.** Que el acero de presfuerzo y de refuerzo adicional, cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma, así como con lo indicado en la Norma N-CTR-CAR-1-02-004, *Acero para Concreto Hidráulico*.
- H.2.2.** Que la resistencia de los tendones, determinada en especímenes obtenidos al azar mediante un procedimiento basado en tablas de número aleatorios conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1-02, *Criterios Estadísticos de Muestreo*, cumpla con lo establecido en el proyecto o lo aprobado por la Secretaría.

- H.2.3.** Que las pruebas se hayan realizado en especímenes correspondientes a cada tamaño de tendón y sean de cuando menos tres (3) metros de longitud. Que los procedimientos y equipos de prueba hayan sido los indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría, para simular las condiciones de servicio, utilizando los anclajes, procedimientos y equipos que se usaron en la obra.
- H.2.4.** Que las pruebas estáticas se hayan realizado de acuerdo con las indicaciones de proyecto para determinar la resistencia del tendón a la fluencia, la resistencia última y la elongación de la muestra.
- H.2.5.** Que en el caso de tendones no adheridos, se haya realizado una prueba dinámica en un ensamble de tendones representativo, el cual deberá haber soportado sin fallar quinientos mil (500000) ciclos de entre sesenta (60) y sesenta y seis (66) por ciento de su resistencia última.

### **H.3. ANCLAJES**

- H.3.1.** Que los anclajes desarrollen al menos el cien (100) por ciento de la resistencia última estipulada en el proyecto y que ésta sólo se use en donde la longitud de adherencia sea igual o mayor que la longitud de adherencia requerida para desarrollarla, considerando:
- H.3.1.1.** Que la longitud de adherencia requerida se ubique entre el anclaje y la zona donde se desarrolla la fuerza completa de presfuerzo bajo condiciones de servicio y cargas últimas y que la longitud de adherencia se haya determinado probando un tendón de tamaño natural.
- H.3.1.2.** Que en el estado adherido, el anclaje desarrolle el cien (100) por ciento de la resistencia última estipulada en el proyecto, o que la haya desarrollado en el estado no adherido.
- H.3.2.** Que los anclajes no adheridos de tendones, desarrollen la resistencia última estipulada en el proyecto del acero de presfuerzo, con una deformación permanente que no disminuya la resistencia última esperada, así como que la



elongación total durante la carga última del tendón no sea menor del dos (2) por ciento de la longitud del tendón cuando se mida en especímenes con una longitud mínima de tres (3) metros.

**H.4. GEOMETRÍA**

**H.4.1.** Que las dimensiones de cualquier sección transversal de una trabe o columna, no difieran de las de proyecto en más de una centésima (0,01) de la dimensión para la que se considera la tolerancia más dos (2) milímetros o en menos de cinco milésimas (0,005) de dicha dimensión más uno coma cinco (1,5) milímetros, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

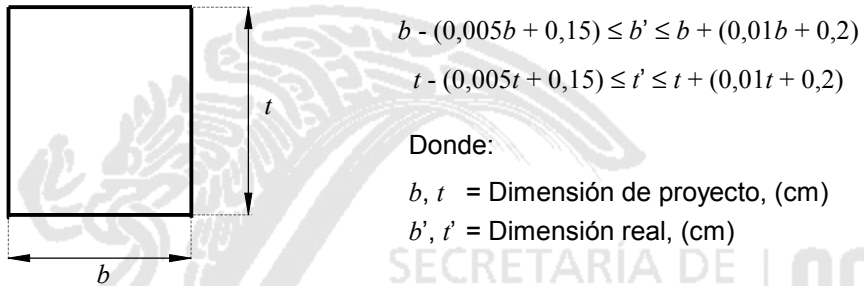


FIGURA 1. Tolerancia para la sección transversal de trabes o columnas

**H.4.2.** Que el espesor de zapatas, losas, muros y cascarones no difiera de las dimensiones de proyecto en más de cinco centésimas (0,05) de  $e$  más cinco (5) milímetros, ni menos de tres centésimas (0,03) de  $e$  más tres (3) milímetros, en donde  $e$  es el espesor de la zapata, losa, muro o cascarón, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma.

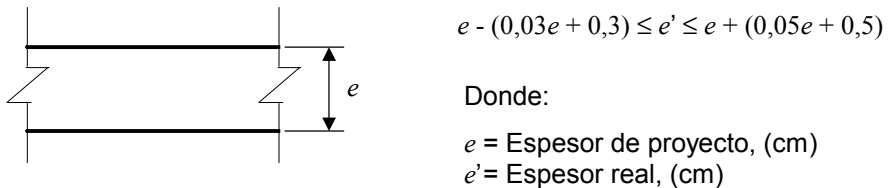


FIGURA 2. Tolerancia para el espesor de zapatas, losas, muros y cascarones

**H.4.3.** Que la distancia vertical entre el eje centroidal de una trabe de sección constante y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, antes de aplicar el presfuerzo, no exceda de una centésima (0,01) del peralte de la trabe más dos (2) milímetros, y que en el sentido horizontal no exceda de cinco milésimas (0,005) del ancho o patín de mayor dimensión de la trabe más cuatro (4) milímetros, como se muestra en la Figura 3 de esta Norma.

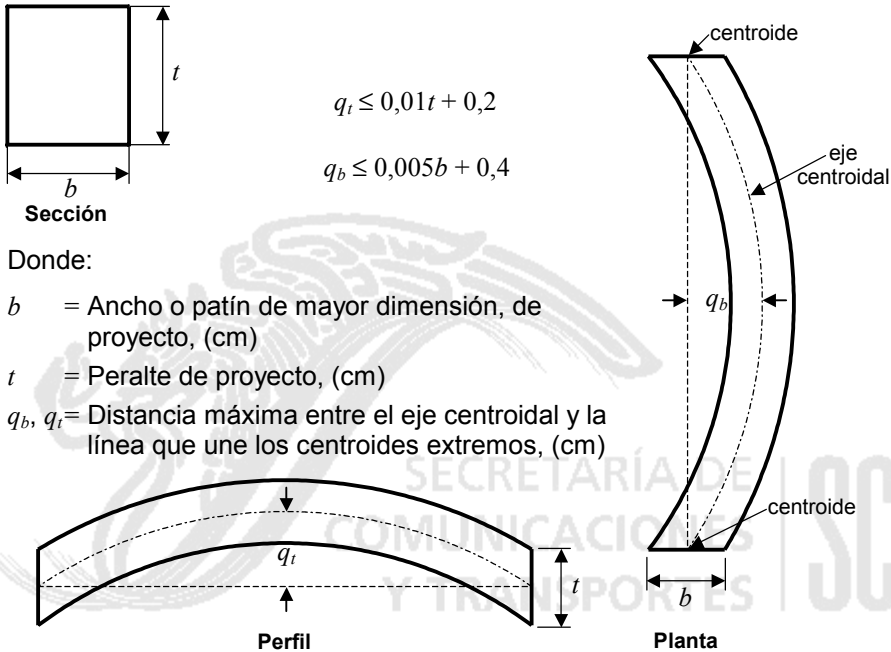
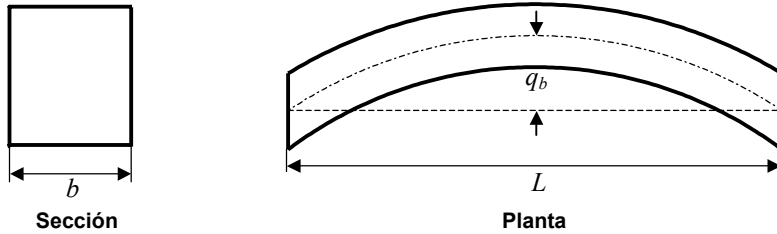


FIGURA 3. Tolerancia para el combamiento de travesaños antes del presfuerzo

**H.4.4.** Que una vez aplicado el presfuerzo, la distancia horizontal entre el eje centroidal de una trabe y la recta que une los centroides de las secciones extremas, no sea mayor de  $L$  entre setecientos (700) o de  $b$  entre veinte (20), en donde  $L$  es la longitud total de la trabe y  $b$  su ancho o patín de mayor dimensión, como se muestra en la Figura 4 de esta Norma.

**H.4.5.** Que la distancia entre el eje centroidal de una losa y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, en ambas direcciones, no exceda de dos centésimas (0,02) del espesor de la losa más diez (10) milímetros, como se muestra en la Figura 5 de esta Norma.



$$q_b \leq \frac{L}{700} \quad \text{ó} \quad q_b \leq \frac{b}{20}$$

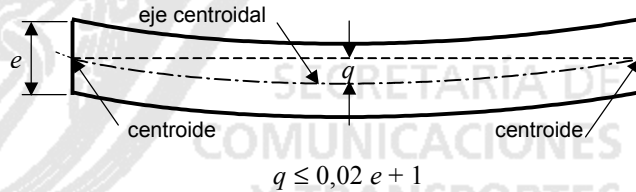
Donde:

$b$  = Ancho o patín de mayor dimensión, de proyecto, (cm)

$L$  = Longitud de proyecto, (cm)

$q_b$  = Distancia máxima entre el eje centroidal y la línea que une los centroides extremos, (cm)

FIGURA 4. Tolerancia para el combamiento de traves después del presfuerzo



$$q \leq 0,02 e + 1$$

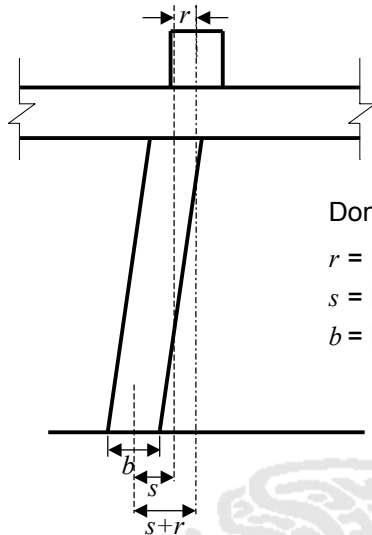
Donde:

$q$  = Distancia máxima entre el eje centroidal y la línea que une los centroides extremos, (cm)

$e$  = Espesor de proyecto de la losa, (cm)

FIGURA 5. Tolerancia para el pandeo de losas

**H.4.6.** Que el desplome de una columna o el efecto combinado de excentricidad y desplome, no exceda de dos centésimas (0,02) de la dimensión de la columna, en la dirección del desplome más diez (10) milímetros, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma.



$$r + s \leq 0,02b + 1$$

Donde:

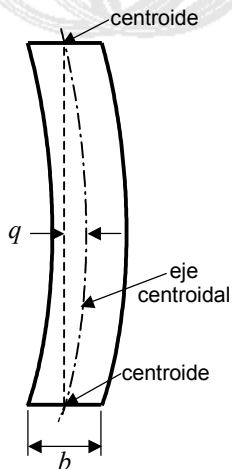
$r$  = Excentricidad, (cm)

$s$  = Desplome, (cm)

$b$  = Dimensión de proyecto de la columna, (cm)

FIGURA 6. Tolerancia para excentricidad y desplome de columnas

**H.4.7.** Que la distancia entre el eje centroidal de una columna y la recta que une los centroides de las secciones transversales extremas, no sea mayor de una centésima (0,01) de  $b$  más dos (2) milímetros, en donde  $b$  es la dimensión de la sección de la columna, en la dirección de la medida de la tolerancia, como se muestra en la Figura 7 de esta Norma.



$$q \leq 0,01 b + 0,2$$

Donde:

$q$  = Distancia máxima entre el eje centroidal y la línea que une los centroides extremos, (cm)

$b$  = Dimensión de proyecto de la columna, (cm)

FIGURA 7. Tolerancia para el combamiento de columnas

### H.5. DESVIACIÓN ANGULAR

Que la desviación angular de los ejes de cualquier sección transversal de una trabe o columna coladas en el lugar, respecto a los de proyecto, no exceda de un (1°) grado. En elementos precolados, que la desviación no sea mayor de cero coma cinco (0,5°) grados, como se muestra en la Figura 8 de esta Norma.

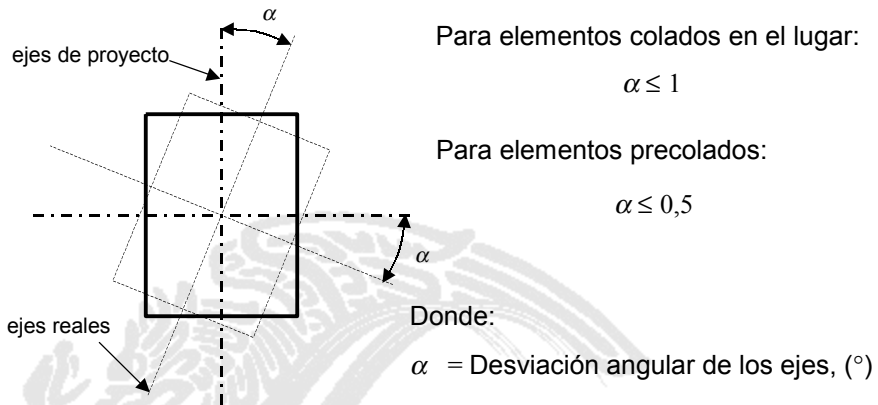


FIGURA 8. Tolerancia para la desviación angular de trabes o columnas

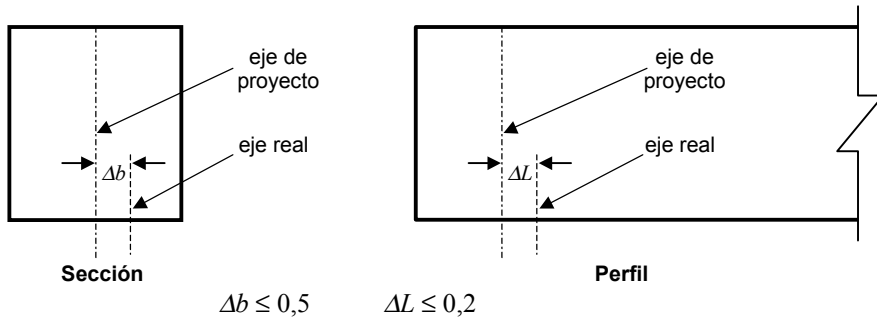
### H.6. POSICIÓN

**H.6.1.** Que los ejes de apoyo de las trabes no difieran de los de proyecto, longitudinalmente en más de dos (2) milímetros y transversalmente en más de cinco (5) milímetros, como se muestra en la Figura 9 de esta Norma.

**H.6.2.** Que los ejes de la sección transversal de una columna en su base, no disten de los del trazo en más de una centésima (0,01) de la dimensión de la sección de la columna, perpendicular al eje de que se trate, más diez (10) milímetros, como se muestra en la Figura 10 de esta Norma.

### H.7. ACABADO

**H.7.1.** Que el concreto sea uniforme y esté libre de canalizaciones, depresiones, ondulaciones o cualquier otro tipo de irregularidades.



Donde:

$\Delta b$  = Diferencia transversal en la posición de los ejes, (cm)

$\Delta L$  = Diferencia longitudinal en la posición de los ejes, (cm)

FIGURA 9. Tolerancia para posición de traves

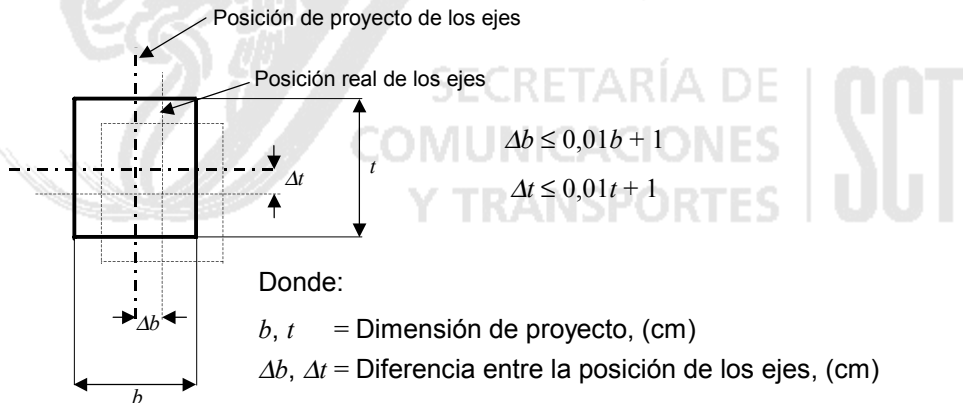


FIGURA 10. Tolerancia para posición de columnas

**H.7.2.** Que todas las superficies del concreto estén exentas de bordes, rugosidades, salientes u oquedades de cualquier clase y presenten el acabado superficial que fije el proyecto o que apruebe la Secretaría.

**I. MEDICIÓN**

Cuando la construcción de estructuras de concreto presforzado se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirá según lo señalado en la Cláusula E. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, considerando una de las siguientes unidades, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría:

- I.1. Las estructuras de concreto presforzado coladas en el sitio se podrán medir tomando como unidad el metro cúbico de concreto presforzado terminado, según su tipo y resistencia, con aproximación a un décimo (0,1). Como base se considerará el volumen que fije el proyecto, haciendo las modificaciones necesarias por cambios autorizados por la Secretaría.
- I.2. Los elementos estructurales tipo o precolados, se podrán medir tomando como unidad la pieza de concreto presforzado terminada y montada, según su tipo y resistencia.

**J. BASE DE PAGO**

Cuando la construcción de estructuras de concreto presforzado se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I. de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico o pieza de concreto presforzado terminados, según su tipo y resistencia. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, incluyen lo que corresponda por:

- Concreto hidráulico, de acuerdo con lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-02-003, *Concreto Hidráulico*.
- Acero de presfuerzo, de acuerdo con lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-02-004, *Acero para Concreto Hidráulico*.
- Valor de adquisición o fabricación y habilitación de los ductos, así como de todos los materiales necesarios para la construcción de estructuras de concreto presforzado. Carga, transporte y descarga de todos los materiales hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.

- Tensado de los tendones.
- Carga, transporte y descarga de todos los elementos precolados hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.
- Montaje de los elementos precolados, incluyendo todas las maniobras necesarias, así como el izamiento a cualquier altura y la sujeción de dichos elementos conforme a lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales y elementos precolados durante las cargas y las descargas.
- La conservación de las estructuras de concreto presforzado hasta que hayan sido recibidas por la Secretaría.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

**K. ESTIMACIÓN Y PAGO**

La estimación y pago de las estructuras de concreto presforzado, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*.

**L. RECEPCIÓN DE LA OBRA**

Una vez terminada la construcción de estructuras de concreto presforzado, la Secretaría las aprobará y al término de la obra, cuando la carretera sea operable, las recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I. de la misma Norma.