

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ITEM: TORONES DE ACERO PARA TIRANTES

UNIDAD: m

CODIGO: GM-EST-TOR-0172



1.- DESCRIPCIÓN

Esta especificación establece las condiciones y características de la provisión y colocación de todos los elementos de acero en tirantes, de acuerdo a las dimensiones y cantidades indicadas en los planos.

Si alguna especificación no está contenida en esta descripción el CONTRATISTA se referirá al:

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9th Edition, 2020).
- ASTM American Society for testing and materials, Recommendations for stay cable design, testing and installation. Post-tensioning Institute. Phoenix (US). Quinta edición. Año 2007.
- fib 30. 2005. Acceptance of Stay Cable Systems Using Prestressing Steels. Bulletin 30. s.l. : fib Task group 9.2, Enero 2005.
- PTI Cable-Stayed Bridge Committee. 2007. Recommendations for stay cable design, testing and installation. Quinta edición. Octubre 2007.
- SETRA. 2002. Cable Stays, Recommendations of French Interministerial Commission on Prestressing. s.l. : SETRA, 2002.

Este ítem considera todo el material necesario para conformar los torones galvanizados con revestimiento individual, capuchones y todo elemento necesario para la conformación y montaje de los torones.

El CONTRATISTA será responsable por el suministro, fabricación, ensayo, almacenaje, instalación, erección, monitoreo, tesados, retesados y la finalización del montaje de todos los componentes del sistema de cables, incluyendo la reparación o reemplazo de componentes dañados (si fuese necesario). Este ítem además contempla la provisión de equipo y herramientas necesarias para la instalación y tesado de los cables.

2.- MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

MATERIALES:

- CORDON DE ACERO TIRANTES

EQUIPO Y MAQUINARIA:

- EQUIPO ESPECIALIZADO PARA INTALACION DE TIRANTES

Sin embargo, el listado precedente no puede ser considerado restrictivo o limitativo en cuanto a la provisión de cualquier otro material, herramienta y/o equipo adicional necesario para la correcta ejecución y culminación de los trabajos. En todo caso, el empleo de insumos adicionales a los señalados en la propuesta y que resultasen necesarios durante el periodo de ejecución de la obra, correran por cuenta del Contratista a fin de que se garantice que los trabajos sean ejecutados y culminado de manera adecuada y a satisfacción de la Supervisión de Obra, aclarando que este aspecto no implicará en ningún caso un costo adicional para la Entidad.

Con la finalidad de prever la compatibilidad entre los diferentes elementos de todo el sistema de atirantamiento, los materiales deben ser de un único proveedor.

TORONES DE 7 HILOS

Se utilizará torones de siete alambres trenzados 5/8" de diámetro, con 150 mm² de sección nominal como mínimo y 1172 g/m de masa nominal, galvanizados autoprotégidos individualmente mediante vaina de Polietileno de alta densidad de 1.5mm de espesor rellena de grasa, resina o cera de enfundado extrusionado, con resistencia última de 1860MPa, en conformidad a la ASTM A416/A882 para torones de siete hilos, se debe presentar el Certificado de Calidad que dan las pruebas de los ensayos que están incluidos en el las especificaciones de la PTI con las respectivas recomendaciones para la fatiga, relajación y ductilidad.

Los torones deben tener como mínimo las siguientes características además de contar con una triple protección, galvanizado, recubrimiento de cera y envainado individual.

Diámetro nominal	Ø 15,7 mm
Área nominal sección del cordón	150 mm ²

Resistencia nominal a tracción	1860 N/mm ²
Carga última a rotura	279 kN
Elongación máxima	≥3,5 %
Módulo de elasticidad	195.000 N/mm ²
Resistencia a la fatiga y resistencia	Nº ciclos: 2.000.000
estática.	Tensión superior: 0.8 GUTS Rango de tensión: 300 Mpa
Resistencia a la fatiga y resistencia	Nº ciclos: 2.000.000
estática.	Tensión superior: 0.8 GUTS Rango de tensión: 300 Mpa

EQUIPOS.

El equipo que se utilizará de forma indicativa y no limitativa será de acuerdo al sistema de tirantes y/o lo que indique el proveedor o fabricante aprobado por el Supervisor de Obra.

A título indicativo y no limitativo, el equipo a emplearse será:

- EQUIPO ESPECIALIZADO PARA INTALACIÓN DE TIRANTES

Para la instalación de los cables de tirantes, el CONTRATISTA entregará al SUPERVISOR DE OBRA para aprobación o modificación una lista completa del equipo que utilizará en el trabajo especificada en el Manual de Instalación suministrada por el Fabricante. Si el SUPERVISOR DE OBRA juzga conveniente instruirá al CONTRATISTA que modifique el equipo para alcanzar los objetivos de la obra en las mejores condiciones, debiendo cumplir con el mínimo exigido para operaciones de tesado.

Una calibración precisa de los gatos de tesado y manómetros es necesario para el control geométrico de la estructura del puente y el resultado final de tensiones en la estructura. Los gatos y manómetros para la instalación de los cables de tirantes deberán ser calibrados usando una celda de carga o un equipo calibrado de carga estática realizada por un laboratorio independiente en el transcurso de un mes antes del inicio de la instalación de cables. La calibración será realizada con la aplicación activa de la fuerza del gato al equipo y no el equipo aplicado al gato. Los manómetros de campo también deberán ser calibrados contra el manómetro patrón para fines de referencia. Cualquier operación interna realizada en el gato requerirá una nueva calibración.

Los manómetros de los gatos y otro equipo hidráulico deben contar con los certificados de calibración no mayor a seis meses.

3.- FORMA DE EJECUCIÓN

Con anterioridad a la ejecución de este ítem, el CONTRATISTA deberá presentar los planos de la disposición del Sistema Total de Tirantes, presentación de un Manual de Procedimientos de Montaje, Mantenimiento y Sustitución de los tirantes.

El CONTRATISTA está obligado a presentar un manual completo de mantenimiento del sistema de tirantes proporcionado por el fabricante.

El CONTRATISTA será responsable por garantizar la presencia del personal especializado en el Sistema de Tirantes perteneciente al Fabricante, sujeto a aprobación del SUPERVISOR DE OBRA, desde el inicio del montaje del Sistema de Tirantes hasta la puesta en servicio del Puente.

El CONTRATISTA deberá presentar para cada operación de tesado de tirantes, un procedimiento de ejecución donde establecerá la fuerza, elongación del cable y contraflecha calculada en función a la ejecución de la dovela anterior. Este procedimiento deberá estipular la diferencia permisible entre la fuerza y elongación y cotas de la plataforma para cada cable instalado y todo lo estipulado.

El CONTRATISTA deberá presentar en una planilla final las tensiones alcanzadas durante el procedimiento de instalación, tesado, retesado de los cables y al finalizar antes de la puesta en servicio debe realizar una verificación final de las fuerzas alcanzadas y realizar el reglaje si corresponde a los tirantes para alcanzar las fuerzas requeridas para la puesta en servicio.

Los cables de torones serán del tipo y calidad indicados en los planos, debiendo preliminarmente satisfacer las siguientes condiciones generales:

- Deben presentar suficiente homogeneidad en cuanto a sus características geométricas y mecánicas.
- Estarán exentos de defectos perjudiciales (fisuras, escamas, oxidación y corrosión).
- Deberán almacenarse en lugares secos de modo que se evite una oxidación acentuada (el rollo más bajo de cada pila debe estar por lo menos 0.20m. por encima del piso).

- La colocación y montaje de los cables de tirantes, debe obedecer rigurosamente a los planos, estando terminantemente prohibida la supresión o sustitución de cualquier pieza en los planos. Las distancias desde los moldes se mantendrán por medio de bridas, tensores, bloques u otros medios aprobados. La instalación de los cables se realizará torón a torón garantizando la uniformidad de las fuerzas en los tirantes mediante la instalación de celdas de carga en el proceso de tesado de cada torón individual.

MONTAJE DE TIRANTES Y PUESTA EN TENSION

Antes de iniciar el montaje de los tirantes, el CONTRATISTA entregará a la Supervisión de Obra un plan de trabajo con la metodología a la que se ceñirá esta actividad, para que sea revisada y aprobada.

El tesado inicial podrá efectuarse con gatos monotorones con la metodología cordón a cordón, los tesados finales de instalación se podrán permitir a criterio del fabricante con gatos monotorones y destesados, deben efectuarse con gatos multitorones, esto se regirá de acuerdo a la metodología que adopte el fabricante.

El contratista debe elaborar las contraflechas de construcción, fichas de tesado, documento en el cual también se deben indicar las tensiones en los tirantes en cada etapa de construcción.

Durante el manipuleo de los torones, debe evitarse que la cubierta de PHED de protección del torón sufra deterioro debido a la fricción que pueda generarse con otros elementos, por lo que el CONTRATISTA deberá seguir las recomendaciones de manipuleo de cables proporcionado por el fabricante. Si verificarse algún daño, todos los elementos dañados deberán ser retirados y reemplazados.

TESADO DE ISOELONGACION O TESADO CORDÓN A CORDÓN

Para tener el control de que todos los torones estén tesados a la misma fuerza de tesado, en el proyecto se requiere el seguimiento de variación de carga en el proceso de tesado, para lo cual se utilizará el procedimiento de isoelongación o lo que indique el fabricante.

Se debe contar con un grupo de trabajo especializado el mismo que tendrá el apoyo de un ingeniero especialista en diseño para el cálculo de las cargas de tesado en proceso constructivo y deflexiones del tablero en base a su modelo matemático en el cual se consideren las rigideces reales tanto del pilón como del tablero, para la corrección continua en los valores de tensión de los cables y contraflechas del tablero.

Con los valores dados por el cálculo se procederá a instalar una celda en el primer torón llegando a la carga dada por los cálculos con la corrección debida a la deformación del pilón y del tablero, por cargas desbalanceadas de tesado, temperatura, cargas de construcción sobre el tablero y otras que pudiesen ser relevantes para dicho valor inicial; este valor inicial se modificará en el proceso de tesado de cada torón por deformación de la estructura y otros parámetros quedando finalmente en un valor menor el cual debe ser la fuerza de tesado a la cual se espera dejar el tirante en esta etapa constructiva.

Una vez terminado el proceso de tensionamiento de todos los torones se debe controlar las cargas de tesado en varios torones para ver si se ha llegado al objetivo requerido en la orden de tesado.

Las fichas de tesado deben llenadas por los técnicos con los resultados obtenidos en obra. Teniendo en ellos la fuerza final de tesado del tirante y diferencia de carga entre torones, alargamientos al tesar torones y tirantes.

Adjunto a esta parte debe presentarse un control de deformaciones de la estructura, tanto del tablero como de las pilas y el pilón, etapa a etapa de la construcción.

Con el control de la geometría y la rigidez de la estructura se retroalimentará el modelo matemático para determinar la siguiente etapa tanto en fuerza de tesado del siguiente tirante como su respectiva contraflecha.

La metodología descrita líneas arriba, podrá ser mejorada por los especialistas en tesado, con la aprobación del Supervisor de Obra.

Tesado de la primera fase

La primera puesta en carga de los tirantes enfilados cordón a cordón, se realizará siempre con gato unitario. Este tipo de tesado consiste en tesar consecutivamente cada uno de los cordones que componen el tirante siguiendo una secuencia preestablecida y con una fuerza tal que consiga que todos los cordones tesados tengan la misma carga.

Se comparan las fuerzas del primer y último torón. Si la diferencia entre estas no excede de un valor predeterminado, se da por bueno el tesado de la primera fase. Si exceden, se realiza otra vuelta de tesado hasta conseguir la diferencia deseada, el valor de la diferencia debe ser tal que cumpla con lo indicado en los documentos proporcionados por el fabricante.

Tras la finalización del tesado en esta etapa, se marca la zona de las cuñas con pintura, queda como referencia para tesar por alargamiento la segunda fase.

Tesado de segunda fase o por alargamiento

Se tensa el primer torón al alargamiento indicado, debiendo medirse el alargamiento en el pistón del gato hidráulico; al retirar el gato monotorón se comprueba mediante la marca de pintura el alargamiento real obtenido. Se reajusta el alargamiento para obtener el teórico.

Se pone en tensión el segundo torón. Se comprueba su correcto alargamiento.

Se procede de igual forma con el total de torones.

Se debe anotar en el parte de tesado las fuerzas obtenidas por cada torón y establecer cuál es la fuerza de tensión en el tirante.

Retesado

Toda cuña, para sujetar el cordón, lo muerde marcándolo, de forma que lo dañe, por lo que no se permite la existencia de zonas dañadas en la longitud de torón entre los anclajes opuestos de un cordón.

El retesado de un tirante de cordones paralelos puede efectuarse de las siguientes maneras:

- Cordón a cordón: de manera similar al método empleado. Se debe asegurar que el alargamiento, tras la última fase de tesado deje las mordeduras de la cuña fuera de la zona de tirante comprendida entre las cuñas de los anclajes; al aumentar la carga se debe asegurar que el alargamiento que se consiga en el cordón sea tal que se evite con seguridad la doble mordida de la cuña en el cordón.
- Mediante gato multitorón: consiste en tirar con el gato multicordón del anclaje regulable, apoyándolo en una silla de tesado externa al anclaje del tirante y disponiendo un elemento auxiliar entre él y el anclaje que permita tirar de este sin que las uñas de los anclajes tengan desplazamiento relativo respecto a los cordones. Al alargarse o encogerse el tirante durante el retesado es necesario ajustar el anclaje del tirante respecto a su asiento mediante tuercas de ajuste y calas y no mediante la cuñas. El gato multicordón, sobre todo en el caso de muchos cordones, tiene peso y dimensiones muy superiores al gato monocordón, por lo que se requiere disponer en los puntos de tesado, espacio suficiente para su colocación y medios de manipulación apropiados en la ejecución de los tirantes.

Se debe retesar utilizando solamente calas o la tuerca del anclaje regulable sin tocar las cuñas.

Control de tesado

Los controles que se deben realizar en una estructura atirantada durante la puesta en tensión de los tirantes son:

- Control de cargas: Carga total del tirante y diferencia de carga entre cordones.
- Controles de alargamientos: alargamientos durante el tesado de cordones y tirante.
- Control de deformaciones: Control topográfico de deformaciones de tablero y pilas.

En una estructura con tablero esbelto, el control de deformaciones es muy importante.

Los tesados y destesados deben atender estrictamente a la memoria de cálculo de tensiones de tirantes en las diferentes etapas. Cualquier modificación de tensiones debe ser previamente evaluada y aprobada por la Supervisión de Obra.

CONTROL POR EL SUPERVISOR DE OBRA.

TOLERANCIAS. La tolerancia de la masa nominal de los torones es de ± 24 g/m, la sección nominal una tolerancia de $\pm 2\%$ y el diámetro una tolerancia de ± 0.1 mm para los torones de 5/8" pertenecientes a los tirantes.

RECEPCIÓN DE MATERIAL. Para cada lote de cables recibida en obra deberán compararse los resultados obtenidos en los ensayos, de acuerdo a las exigencias de esta especificación. El lote será aceptado en caso de que todos los ensayos sean satisfactorios.

En caso de que uno o más de los resultados no satisfagan las condiciones, la barra o rollo del cual fue retirada la muestra, debe ser separada y rechazada y para comprobación se obtendrán muestras de otras dos barras o rollos para someterlas a ensayos, y el lote será aceptado si los resultados de dichos ensayos son satisfactorios. En caso de que alguno de esos ensayos no sea satisfactorio el lote será rechazado. Si más del 20% de los lotes de una entrega son rechazados, podrá rechazarse el total de la entrega.

Los ensayos deben ser certificados por el fabricante, y debe contener como mínimo curvas carga deformación, diámetro nominal y carga de rotura.

El CONTRATISTA deberá preparar una zona para el almacenamiento de los materiales del Sistema de Tirantes tanto al pie de la Obra como sobre el tablero, sujeto a la aprobación del SUPERVISOR DE OBRA.

Los torones deberán ser suministrados en bobinas y deberán tener áreas de contacto acolchadas donde sea posible. Cada bobina será protegida de la manera que el fabricante lo determine para evitar daños en las capas de protección de los torones, incluyendo la exposición a los rayos ultravioleta. Las terminaciones de los torones siempre deberán estar selladas.

En todo momento, los torones deberán ser apropiadamente almacenados en un recinto protegido de la intemperie. Este recinto deberá ser una construcción cerrada o un contenedor con paredes, techo y piso capaces de proteger a los carretes de los agentes meteorológicos. El transporte de las bobinas se hará en tolvas cerradas de camiones o contenedores.

Todo extremo de torón deberá ser protegido al final de la jornada de trabajo en el cual se haya cortado el torón.

Velar por la seguridad y organización de los trabajos de la Obra es de completa responsabilidad del CONTRATISTA.

La Supervisión tendrá acceso irrestricto a los depósitos de los materiales. El CONTRATISTA deberá remitir para aprobación los ensayos completos y certificados que son preparados por el fabricante de los torones. Para cada lote de armadura recibida en obra deberán compararse los resultados obtenidos en los ensayos, de acuerdo a las exigencias de esta especificación. El lote será aceptado en caso de que todos los ensayos sean satisfactorios.

ENSAYOS DE CONTROL. El CONTRATISTA tendrá la obligación de presentar certificados sobre la calidad de los aceros, expedidos por laboratorios especializados locales o del exterior del país, cubriendo principalmente lo siguiente:

- Diagrama de carga – deformaciones para cada lote.

- Resistencia a la tracción, incluyendo la determinación de fluencia, tensión de ruptura, módulo de elasticidad y límite de proporcionalidad.
- Los certificados de calidad de ensayos realizados en laboratorios del extranjero, deben ser presentados en original.

Un laboratorio independiente seleccionado por el contratista y aprobado por el SUPERVISOR deberá ensayar los materiales que el SUPERVISOR DE OBRA vea convenientes. Todos los reportes deberán ser entregados al SUPERVISOR DE OBRA.

De todo el lote de torones, los certificados de calidad para tirantes debe contener mínimamente lo que sigue a continuación.

- Tensión última mínima de tracción garantizada: $f'_s = 1860 \text{ MPa}$
- Fuerza mínima de fluencia: $f_y = 0.90f'_s$
- Módulo de Young: $E = 197\,000 \text{ Mpa} \pm 5\%$
- Ensayo de fatiga.

Un ensayo de fatiga a tracción será realizado en una muestra donde la longitud mínima entre mordazas será de 100cm.

El ensayo resistirá 2 millones de ciclos de variación de tensión sin la falla del elemento, el rango de variación será de 300MPa.

Después de haber completado satisfactoriamente el ensayo de fatiga, la muestra deberá resistir una carga estática mínima del 95% de la resistencia última a tracción garantizada del torón.

Criterio de aprobación: Si el primer ensayo del torón falla, se deberán realizar dos ensayos adicionales de la misma muestra. Si ocurre una falla de cualquiera de estos ensayos, los torones representados por la muestra deberán ser rechazados.

- Ensayo de ductilidad

Se realizará un ensayo de ductilidad "One Pin Test" de una muestra del lote de torones. Los detalles del método están definidos en el Apéndice A de la PTI "Recommendations for Support Cables Design, Testing and Installation".

Criterio de aprobación: Para su aprobación la fuerza de tracción en la muestra durante el ensayo deberá ser mayor o igual al 80% del ensayo de resistencia última.

CONDICIONES REQUERIDAS. Todos los certificados de ensayos e informes de inspección realizados por laboratorios, por cuenta del Contratista, serán analizados por el Supervisor de Obra a fin de verificar la aceptabilidad de los materiales, para ser incorporados a la obra.

Los ensayos de tracción deben demostrar que el límite de proporcionalidad, tensión de fluencia, tensión de ruptura y módulo de elasticidad serán iguales o superiores a los mínimos fijados.

En el ensayo de doblado, la muestra debe soportar el doblado de su radio mínimo de curvatura respectivo sin sufrir ruptura o fisuración.

Las cotas relativas a las posiciones de los cables deben ser rigurosamente verificadas antes del hormigonado.

En ocasión de la puesta en tensión de los tirantes, el alargamiento, las tensiones y el anclaje deben ser verificados por el Supervisor de Obra.

Esta tabla deberá contener todos los datos del cable y sus diferentes características, para el perfecto control de la operación de tesado y previa aprobación del Supervisor de Obra. Una ficha deberá corresponder a cada cable con la debida identificación y fecha de operación de tesado.

Para el control del tesado de cables de tirantes deberá prepararse una tabla donde se registrarán las tensiones y el alargamiento de los cables, en cada extremidad si fuera el caso. Esta tabla deberá contener todos los datos del cable y sus diferentes características, para el correcto control de la operación de tesado.

Una tabla deberá corresponder a cada cable con la debida identificación y fecha de operación de tesado, hora, temperatura ambiente, humedad, tensión del cable, medida de la elongación del cable, ajuste del anillo de la tuerca, condiciones de carga de la plataforma y cualquier otra información necesaria y suficiente para establecer las condiciones bajo las cuales fue instalado cada cable. Este registro deberá incluir el perfil del puente en su condición "as built" para cada operación de tesado. El registro deberá ser presentado al Supervisor de Obra dentro de las 24 horas de completado la operación de tesado de cada cable.

VERIFICACION DE FATIGA

En especial si es necesario una verificación a la fatiga se recomienda seguir las exigencias de las AASHTO LRFD 2004 y como referencia las Recommendations de la Commission Interministérielle de la Précontrainte. Haubans para el diseño de los tirantes del puente y más concretamente en lo que se refiere al cálculo, diseño y calidad exigible frente a fatiga.

PERSONAL ESPECIALIZADO

Los trabajos de instalación y tesado de tirantes, solamente pueden ser ejecutados en presencia y dirección de personal especializado proporcionado por el fabricante.

SEGURIDAD OCUPACIONAL E INDUSTRIAL

Durante los trabajos inherentes a este ítem, es obligatorio el cumplimiento de las medidas de seguridad ocupacional e industrial. El Supervisor de Obra debe exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad, todo

personal que no cumpla con las medidas de seguridad ocupacional debe ser retirado del frente de trabajo.

4.- MEDICIÓN

Este ítem será medido por METRO (m) de torón correctamente ejecutado por el Contratista y aprobado por el Supervisor de Obra.

La longitud medida será en el eje de los torones y entre las caras exteriores de los anclajes regulables (placas donde se alojan las cuñas de anclaje), que esté correctamente instalado.

Los tesados y destensados intermedios y verificaciones para el reglaje de la estructura, forman parte de este ítem, por lo que no serán motivo de pago por separado.

5.- FORMA DE PAGO

El pago del ítem de hará de acuerdo a la unidad y precio presentado. Este costo incluye la compensación total por todos los materiales, mano de obra, herramientas, equipo empleado y demás incidencias determinadas por ley.

6.- DETALLE CONSTRUCTIVO

VERIFICACION DE FATIGA

$$F_{ELS} \leq 0.46 \cdot \left(\frac{\Delta F_{freq}}{140} \right)^{-0.25} \cdot F_{GUTS}$$

Donde, para las tensiones debidas a esfuerzos axiales en los tirantes:

F_{ELS} es la máxima tensión en Estado Límite de Servicio para las combinaciones de cargas Poco Probables.

ΔF_{freq} es la variación de tensión debida a la sobrecarga frecuente, en MPa.

F_{GUTS} es la máxima tensión de rotura garantizada por el sistema del tirante.

TORONES DE 7 HILOS

