

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARA LA CONTRATACION DE ELABORACIÓN Y MONTAJE DE ACERO EN TIRANTES Y 1860 S7 PARA PUENTE EN VIAL CONEXIÓN ARROYO PANEQUE A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO.

REF: TSA0067382

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO

El objeto del presente pliego es definir las prescripciones técnicas de elaboración y montaje de:

- Acero en tirantes Y 1860 S7

Para la ejecución de la obra "Vial de Conexión Otero a Grupo Rocío Contenido en el Estudio de Detalle Arroyo Paneque en Ceuta"

2. NORMATIVA DE REFERENCIA.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG3).

EAE: Instrucción de Acero Estructural.

UNE-EN 1993-1-11: Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-11: Cables y tirantes.

PrEN 10337: Alambres de acero pretensados recubiertos de Zinc o aleaciones de Zinc.

UNE-EN 10088 Aceros inoxidables.

UNE-EN ISO 4892: Plásticos. Métodos de exposición a fuentes luminosas de laboratorio.

UNE-EN 13067: Personal de soldeo de materiales plásticos. Ensayos de cualificación de soldadores. Conjuntos de accesorios termoplásticos con uniones soldadas.

UNE-EN 13100: Ensayos no destructivos de las uniones soldadas en productos termoplásticos semi-acabados.

UNE-EN 12814: Ensayo de uniones soldadas en productos termoplásticos semiacabados.

3. REQUISITOS TÉCNICOS.

3.1 TIRANTES

3.1.2 DEFINICIÓN.

Este punto tiene por objeto definir el tirante, las características mínimas a exigir a los materiales que lo componen, las condiciones que deben cumplir los suministros de dichos materiales y las de su instalación en obra.

Esta especificación se aplicará al suministro, fabricación, condiciones de entrega, ensayo, instalación, tesado y protección permanente de los tirantes de puente. Incluye los componentes de los tirantes que forman parte de la estructura, como los tubos guía y las placas de reparto, así como los dispositivos de

instalación en obra, equipo auxiliar y trabajos necesarios para completar un sistema de tirantes que sustente una estructura de puente de acuerdo a los planos, normas aplicables y este documento.

El tirante empleado será del tipo de cordones paralelos de pretensado. Tirante perteneciente al grupo C y clase 5 según lo establecido en la norma europea UNE-EN 1993-1-11 de 2015 con de un numero variable de elementos de tensión principal protegidos individualmente contra la corrosión.

Los elementos de tensión principal serán cordones de acero de pretensado autoprotegidos, anclados con cuñas de alta eficiencia dinámica a sendos anclajes en cada uno de los extremos del tirante.

La longitud libre del tirante dispondrá, además, de una vaina global de polietileno que envuelva el haz de cordones de pretensado.

Los cordones de acero de pretensado estarán protegidos individualmente con tres barreras:

- Galvanización de los siete alambres que componen el cordón.
- Recubrimiento de una película de cera derivada del petróleo, que a la vez rellena los intersticios entre los hilos.
- Una funda individual de polietileno de alta densidad, extrusionada directamente sobre el cordón.

El conjunto de los cordones irá alojado dentro de una vaina global de polietileno de alta densidad.

El tirante estará diseñado de tal forma que sea posible su sustitución hecha cordón a cordón. No se permitirá el relleno de los anclajes con material adherente/resistente, ya que esto no permitirá la citada sustitución. En la longitud libre del tirante, no se rellenará el espacio entre los cordones y con la vaina exterior.

No se permitirá el relleno o la inyección con lechada de cemento o resina de ninguna parte del tirante por la incapacidad de estos materiales de resistir sin fisurarse las variaciones de tensión producidas por las sobrecargas de explotación del puente.

Debido a la posibilidad de fisuración de la lechada de cemento, no se considerará que este material es una eficiente protección contra la corrosión.

Los anclajes de los tirantes pertenecerán a un sistema que haya superado satisfactoriamente el ensayo de estanqueidad recogido en las siguientes recomendaciones internacionales de tirantes para puentes:

“Recommendations for the Acceptance of Stay Cable Systems using Prestressing Steels” (Boletín 30 del fib – “Federation Internationale du beton”)

Haubans – Recommandations de la commission interministérielle de la précontrainte (SETRA, Francia)

Para su conexión a la estructura, los tirantes estarán provistos de unos anclajes especialmente diseñados para ello. En uno de los extremos, el anclaje será regulable con una tuerca para poder ajustarse mediante

gato de pesaje- regulación, tanto durante la fase constructiva, como durante la vida útil de la estructura. No estará permitido el uso de calas o calces para ajustar la tensión por alargamiento.

3.1.3 CONDICIONES GENERALES Y DE EJECUCIÓN.

3.1.3.1 CORDÓN PARA LOS TIRANTES.

La longitud libre del tirante incluirá un haz de cordones de pretensado dentro de una vaina global de polietileno. Los cordones discurren en paralelo, durante toda la longitud del tirante y están protegidos individualmente frente a la corrosión.

Cada tirante tiene un numero de cordones determinado que ancla en los dispositivos de anclajes del tirante únicamente por cuñas de pretensado de alta eficiencia dinámica. Cuñas concebidas especialmente para resistir los fenómenos de fatiga que experimentan los tirantes.

Así pues, los elementos de tensión principal de los tirantes serán cordones de acero de pretensado, de siete alambres, auto-protegidos.

3.1.3.1.1 Características generales

El tipo de cordón a emplear será cordón de acero de pretensado de alto limite elástico, galvanizado y de baja relajación conforme a la pre-norma europea PrEN 10337:2011 (Cordones de acero de pretensado, galvanizados con Zinc ó aleaciones de Zinc), a los requisitos del boletín 30 de la "fib" (Federation Internationale du beton) y a las especificaciones de este pliego.

El cordón será de 7 alambres galvanizados y 15,7 mm de diámetro nominal cuya construcción se corresponde al tipo (1x7) de 6 alambres exteriores arrollados helicoidalmente entorno a un alambre central.

Las características mecánicas del cordón satisfarán la pre-norma europea PrEN10138-3:2006 (Cordones de acero de pretensado) y aquellas especificaciones que la superen indicadas en este pliego y en el documento "Recommendations for the Acceptance of Stay Cable Systems using Prestressing Steels" (Boletín 30 del fib – "Federation Internationale du beton")

De igual forma el cordón galvanizado de 7 alambres satisfará lo exigido en la pre-norma europea PrEN 10337:2011 (Cordones de acero de pretensado, galvanizados con Zinc o aleaciones de Zinc) o lo indicado en su norma predecesora NF A 35-035:2001

- Diámetro nominal: 15.7 mm (T15.7 cordones);
- Sección resistente nominal: 150 mm²;
- Masa del cordón desnudo: 1.172 kg/m;
- Resistencia fGUTS = 1860 MPa ó 1770 MPa (Ver Nota 1)

Nota (1): En el caso de usar cordón con resistencia 1770 MPa el número de cordones empleado en los tirantes será un 5% mayor que el indicado en los planos.

- Fuerza mínima garantizada $F_m = 279 \text{ kN}$ para resistencia 1860 MPa y 265 kN para resistencia 1770 MPa.
- Fuerza al límite elástico al 0.1% de alargamiento $F_{p0,1} \geq 88\%$ de F_m
- Deformación a fuerza máxima garantizada A_{gt} de por lo menos 3.5%;
- Módulo de elasticidad de $195 \text{ GPa} \pm 5\%$;
- Muy baja relajación ($< 2.5\%$ a 1000 horas a $0.7 f_{GUTS}$ (a 20°));
- Curvatura del cordón: la flecha del arco de un metro de cordón depositado libremente sobre una superficie plana no será mayor que 15 mm.

El cordón debe cumplir con la categoría B de la norma NFA 35-035, con capacidades especiales, que satisfagan las siguientes condiciones:

- Resistencia a fatiga: 2 millones de ciclos con tensión máxima de $0.45 f_{GUTS}$ y variaciones de tensión de 300 MPa;
- Ductilidad: 20 % de disminución máxima de la resistencia del cordón en el ensayo de tracción desviada

Además, para completar las barreras de protección del cordón auto protegido, el cordón galvanizado se recubre con una funda individual de polietileno de alta densidad y los intersticios entre alambres y entre alambres y funda de polietileno se rellenan con cera petrolera micro-cristalina.

3.1.3.1.2 Capa de Zinc.

La capa de galvanización de los hilos que forman el cordón será conforme con la normativa NFA 35-035 (edición 2001). El material será Zinc puro. El peso de la capa de metal por área estará entre 190 y 350 g/m². El grosor de la capa deberá ser uniforme (sin gotas o engrosamientos locales) La fuerza de adherencia de la capa será verificada conforme al ensayo de enrollado en mandril de la misma norma. La probeta enrollada no debe presentar exfoliación o fisuras. La continuidad de la capa de revestimiento deberá ser tal que, después del ensayo de continuidad tal como se describe en el párrafo 9.8 de la norma NFA35-035, la muestra no deberá presentar depósito de cobre en la zona sumergida, prueba de que el acero estaba poco protegido en esta zona.

3.1.3.1.3 Revestimiento de PEAD.

La capa de Zinc constituye únicamente la capa interna de protección contra la corrosión que tendrá que ser completada superponiendo una vaina individual de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de espesor. El

diámetro exterior del cable de siete hilos enfundado será inferior o igual a 19,5 mm. Las vainas de PEAD individuales serán de polietileno negro de alta densidad virgen, de clasificación PE 80 o PE 100 y deben cumplir con las especificaciones físicas y mecánicas además de las propiedades correspondientes a su clasificación que se indican en la tabla 5.4 del Boletín nº 30 de la "fib"

3.1.3.1.4 Relleno de intersticios.

El espacio intermedio entre cables y el que existe entre el cable y la vaina individual de cada cordón, se rellenará con cera micro cristalina (por ejemplo, una materia sólida maleable cristalizada compuesto por hidrocarburos saturados que son inyectados en estado líquido). En cualquier caso, el relleno no llevará grasa, para prevenir problemas de estabilidad térmica, exudación y segregación. Debido al riesgo por fisuración, la lechada de cemento no se debe utilizar como material de relleno.

El material de relleno de intersticios será inyectado en fábrica. El proceso de fabricación debe rellenar por completo los huecos internos que existen entre los hilos que forman el cordón y los huecos entre los hilos y la vaina individual. Además, este proceso asegurará que no aparezcan huecos en este medio intermedio protector, debido a retracciones térmicas, fluencia, asentos o envejecimiento del producto de relleno.

La masa de producto de relleno por metro lineal de cordón dependerá del proceso de fabricación del cordón y del peso específico del producto de relleno utilizado. No obstante, se puede adoptar como valor de referencia una masa lineal de producto de 12 g/m como mínimo. El fabricante deberá asegurar que no queda aire ocluido en el cordón auto protegido.

El material de relleno será de duración continua y estable, y deberá mantener sus propiedades protectoras sin interrupción, y seguir protegiendo al acero a pesar de las cargas térmicas extremas a las que podría verse sometido a lo largo de la vida útil del proyecto. El suministrador de la cera declarará su origen y composición.

3.1.3.2 VAINA GLOBAL DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

El haz de cordones paralelos deberá quedar protegido en una vaina externa de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Las vainas deberán tener forma exterior circular continua y sus dimensiones serán definidas por el suministrador del sistema de tirantes. A su vez, la superficie de la vaina tendrá que tener incrustaciones o relieve, por ejemplo, del tipo ribete helicoidal.

Las características de la vaina global, especialmente su grosor y composición química, deben asegurar una excelente resistencia en el tiempo contra las radiaciones ultravioletas.

La vaina global debe resistir las acciones mecánicas que puedan ejercerse sobre el mismo, especialmente frente a las fuerzas axiales y la flexión causada por la instalación, y al pandeo que puede originarse por compresión del tubo bajo su propio peso cuando descansa sobre el anclaje inferior del tirante. El color de la vaina global será conforme a los requerimientos de TRAGSA.

Las vainas de PEAD están formadas por tubos co-extruidos de polietileno de alta densidad, con una capa exterior coloreada y una capa interior de polietileno negro. Los tubos deberán estar fabricados en polietileno

de alta densidad con clasificación PE 344333 C (si es negro) y PE 344434 E (diferente del negro) según ASTM D3350 (equivalente a PE 80 o PE 100).

La parte interior del tubo, la capa negra, deberá cumplir las especificaciones físicas y mecánicas indicadas en la tabla 5.8 del Boletín nº 30 de la "fib".

En la capa exterior del tubo, la coloreada, se incorporarán pigmentos estabilizantes en el polietileno que lo protejan de la degradación frente a la explosión a los rayos ultravioletas del Sol. Si el color elegido fuese negro, en pigmento sería el Negro de humo igual que en la capa interior y aplicaría la tabla que sigue más abajo.

También se requerirá que la capa externa pueda garantizarse durante diez años frente a degradación del color y que su vida útil por calculo sea superior a 50 años.

Además de los requisitos anteriores, el grosor mínimo del tubo debe ser la medida mayor de estas dos: $\varnothing_{ext} / 32$ o 5 mm, donde $\varnothing_{ext}$ es el diámetro exterior del tubo.

Para comprobar la durabilidad de la vaina PEAD, esta debería disponer de ensayos de resistencia frente a la degradación por rayos UV. Las variaciones de la resistencia a tracción, de la elongación, la no propagación de micro fisuras superficiales y la variación de color, deben ser documentadas en función del tiempo y de las condiciones del ensayo.

Los procedimientos para el embalado, manipulación y embarque de los tubos asegurarán que no se produzcan daños cuando estos se suministren a obra.

3.1.3.3 TUBOS DE INOXIDABLE ANTIVANDÁLICOS.

Los tirantes se protegerán en la zona del tablero con tubos de acero inoxidable, a efectos vandálicos.

Los tubos se obtendrán por conformado mecánico de una banda de acero inoxidable, soldados longitudinalmente a tope, por soldeo eléctrico.

Tendrán una longitud correspondiente a una proyección vertical de 2.5 metros. Su diámetro será el especificado en planos.

Para su fabricación se empleará acero inoxidable austenítico X2CrNiMo17-12-3 tipo EN 1.4432 de acuerdo a la clasificación de la norma UNE-EN 10088-1:2015 equivalente al acero inoxidable AISI 316L según las normas ASTM americanas.

Los tubos podrán estar conformados en otros tipos de acero inoxidables de resistencia anticorrosiva similar o superior al acero tipo EN 1.4432 recogidos en las recomendaciones de tirantes del boletín 30 de la "fib"

Los tubos tendrán las superficies, interior y exterior, técnicamente lisas, acordes con sus procesos de fabricación. No se admitiría el enmascaramiento de defectos superficiales. El acabado de los tubos

(normalmente mate, conseguido mediante granallado con bolas de vidrio y barnizado transparente anti-huellas) será acordado entre la empresa adjudicataria y TRAGSA igual que su diseño final.

3.1.3.4 ANCLAJES Y ZONAS DE TRANSICIÓN

La empresa adjudicataria incluirá los planos de conjunto de los diferentes tipos de anclajes propuestos para el proyecto, mostrando todas las dimensiones y materiales de los principales componentes, para someterlos a su aprobación por parte de TRAGSA.

Los anclajes del tirante se diseñarán para anclar individualmente cada cordón por medio de una cuña de acero cónica. El material de relleno duro (resina) o lechada de cemento no estará permitido en el área de anclaje, de forma que el procedimiento de anclaje pueda ser reversible.

Los anclajes y los elementos de fijación deben ser capaces de desarrollar al menos la tensión de rotura mínima garantizada de los tirantes y las prestaciones de fatiga, tal como están descritos en la presente especificación. Los demás componentes tales como placas de apoyo, tubos de prensa estopa, bridas, desviadores y guías mostradas en los planos deberán ser de tipo adecuado y suficiente capacidad para el uso previsto. La empresa adjudicataria suministrará todas las especificaciones de los materiales no expresamente citadas en los planos, para revisión y aprobación de TRAGSA. Los componentes del conjunto tendrán, siempre que ello sea posible, una referencia UNE, ASTM o EN para la designación del material y los ensayos.

La protección anticorrosiva de los materiales que componen el anclaje deberá ser compatible con la de la estructura metálica, en su caso.

La empresa adjudicataria deberá presentar planos y especificaciones para los tubos guía y placas de reparto de acuerdo con el sistema de tirantes a emplear. Sin embargo, los tubos guía y el espesor de dichas placas de reparto, incluyendo la armadura de confinamiento de la zona de anclaje local si procede, deben ser definidas de acuerdo con el diseño del Proyectista, para así asegurar una transferencia de la carga del tirante a la estructura de manera adecuada.

El anclaje incluirá sistemas de guía del cordón a fin de prevenir desviaciones angulares del cordón al extenderse hacia la cabeza del anclaje o las cuñas.

Si para verificar la eficiencia dinámica se han ensayado los anclajes únicamente a fatiga axial, la carga máxima del tirante en estado límite de servicio no superará el 45% de la carga mínima nominal de rotura del tirante y se dispondrán elementos que garanticen que el ángulo de desvío entre los cordones a la salida del anclaje y el eje del anclaje es inferior a ± 10 mili-radianes. Este límite angular incluye tanto los errores de alineación como la oscilación teórica del tirante en condiciones normales de servicio.

Si para verificar la eficiencia dinámica se han ensayado los anclajes a fatiga axial con flexión, siguiendo el criterio de ensayo establecido en las recomendaciones de la "fib", la carga máxima del tirante en estado límite de servicio podrá alcanzar el 50% de la carga mínima nominal de rotura del tirante. En este caso se aceptará un ángulo de desvío entre los cordones a la salida del anclaje y el eje del anclaje de ± 20 mili-

radianes. Este límite angular incluye tanto los errores de alineación como la oscilación teórica del tirante en condiciones normales de servicio, que no debe superar ± 10 mili-radianes.

Se valorarán positivamente aquellos sistemas de tirantes que incluyan el uso de centradores elastómeros en el tubo guía de los anclajes.

Este centrador, que se instalaría en el extremo del tubo guía más próximo a la longitud libre del tirante, reduce la oscilación angular de los cordones a su entrada en el anclaje. Dispositivo que proporciona una protección adicional al anclaje frente a las oscilaciones del tirante, aunque este ya haya diseñado para soportarlas.

En aquellos tirantes que precisen amortiguador para mitigar las vibraciones inducidas por el viento, el centrador no se instalara, o se retirara en el caso de que ya esté instalado. De esta forma se extiende la longitud entre el punto de conexión del amortiguador y el anclaje aumentando la eficacia del sistema.

Cuando la barrera de anticorrosión externa del tirante es sustituida por un recinto estanco en el anclaje, éste debe ser inyectado con un medio protector de bloqueo apropiado. Este medio de bloqueo debe ser de un material sólido flexible y moldeable. Por fuera del bloque, en el extremo del tirante, el recinto estanco deberá continuarse y cerrarse con una tapa hermética pegada a la cabeza del anclaje de forma que cubra como mínimo la zona completa de las extremidades de los cordones. Esta tapa debe de ser desmontable para inspección de las extremidades de los cordones. Esta integridad y continuidad de la estanquidad debe estar en concordancia con las otras funciones del anclaje y debe mantenerse en todas las condiciones de servicio (vibración, movimiento, envejecimiento, variaciones térmicas, etc.). Esto será comprobado por medio del ensayo de estanquidad descrito más adelante. El anclaje deberá incluir un sistema que permita el ajuste o re-restablecimiento de la estanquidad de las juntas durante la vida útil del puente. El sellado del anclaje no se debe basar en el comportamiento elástico del caucho, el elastómero o el cierre plástico ya que estos pueden perder su elasticidad con el paso de los años, pero debe mantener una presión activa sobre el material de sellado no inferior a 20 bares.

La zona del anclaje donde se elimina la barrera de anticorrosión externa de los cordones del tirante para conectar con las cuñas debe ser estanca y estar rellena de un material de protección anticorrosiva apropiado. Para este fin se puede inyectar cera que satisfaga las mismas especificaciones que la cera empleada en la fabricación del cordón auto protegido u otro producto que ofrezca garantías similares.

En la zona exterior del anclaje, en el extremo opuesto a la longitud libre del tirante, el anclaje deberá estar protegido por una caperuza que cubra la totalidad de las cuñas y las extremidades de los cordones. Caperuza que será desmontable para futuras inspecciones y cuyo interior se inyectará con el mismo material de protección anti-corrosiva empleado en el resto del anclaje. La inyección de ambas zonas se realizará en la misma operación para garantizar que no quede aire ocluido en contacto con los cordones.

La integridad de ambas cámara de inyección y la continuidad de su estanquidad debe estar en concordancia con las otras funciones del anclaje y debe mantenerse en todas las condiciones de servicio (vibración, movimiento, envejecimiento, variaciones térmicas, etc.). Esto será comprobado por medio del ensayo de estanquidad descrito más adelante.

Para prevenir la tribocorrosión y la fatiga acelerada, no se permitirá el contacto acero-acero entre cordones o entre el acero de los cordones y cualquier otro elemento metálico del interior del anclaje o de la zona de transición, con la excepción de las cuñas de anclaje. En aquellos puntos críticos del tirante en que pueda producirse contacto entre el acero de los cordones y cualquier otro elemento metálico se tomaran medidas para evitarlo.

Los anclajes superiores dispondrán de una horquilla de conexión que permita conectarlos mediante un bulón a los orificios destinados para tal fin en la cabeza de pila. El diámetro de dichos orificios, así como el espesor y material de la chapa que los alberga podrá modificarse en función de la geometría de la horquilla de conexión que presente el suministrador de tirantes.

La horquilla de conexión y su bulón estarán dimensionadas de acuerdo a lo indicado en las disposiciones sobre uniones articuladas de la norma UNE-EN 1993-1-1:2013 (Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1- 1: Reglas generales y reglas para edificios) para una fuerza de diseño que equivalga al 70% de la fuerza de rotura nominal del tirante. La fuerza de diseño, no obstante, podrá ser mayor si así lo indica la dirección de obra.

3.1.3.5 AMORTIGUADORES.

La empresa adjudicataria deberá realizar un estudio preliminar teórico de la susceptibilidad de los tirantes a experimentar vibraciones inducidas por el viento y que dispositivo de amortiguación sugiere para mitigarlas.

Para ello, el suministrador de los tirantes utilizara como criterios los recogidos en las recomendaciones internacionales para tirantes más relevantes como las siguientes:

- Recommendations for the Acceptance of Stay Cable Systems, using Prestressing Steels Bulletin 30 Fédération Internationale du Béton – Suiza 2005
- Haubans. Recommandations de la comisión interministérielle de la precontrainte - Francia 2001
- Recommendation for Stay Cable Design, Testing and Installation Post-tensioning Institute – EEUU 2012

No obstante, como criterio de evaluación inicial se especifica lo siguiente:

Análisis de vibración únicamente para aquellos tirantes con longitud libre superior a 80 m.

- Decremento logarítmico inherente de los tirantes sin amortiguador: 1,15%
- Decremento logarítmico inherente de los tirantes con amortiguador: Entre 0,0 y 0,5%
- Decremento logarítmico asumido para conseguir la mitigación de las posibles vibraciones inducidas por el viento: 3,0 %

Las amplitudes de vibraciones de los cables limitadas a:

- (+/-) $\varnothing_{ext}$ ($\varnothing_{ext}$ = diámetro de vaina de cubrición) bajo viento de servicio con una velocidad media del viento de 15 m/s.
- (+/-) $L/500$ (L= longitud libre del cable) a la máxima velocidad del viento

Los amortiguadores que puedan proponerse deberán estar dimensionados para conseguir su máxima eficacia en los modos de vibración 1, 2 y 3 de la frecuencia natural de cada tirante.

La información presentada en el análisis preliminar y propuesta de amortiguadores indicara también que fuerzas transmitiría el sistema de amortiguación a los elementos estructurales de soporte en los diferentes niveles de amplitudes para los tres primeros modos.

En caso de detectarse vibraciones anómalas durante la obra, el contratista junto con el suministrador de los tirantes mitigara dichas vibraciones con sistemas de amortiguación provisional hasta la finalización del proyecto. Dichos sistemas podrán basarse en tirantes provisionales o cuerdas que reduzcan la longitud libre de vibración de los tirantes.

La dirección facultativa se reservará el derecho a instalar el tipo y numero de amortiguadores que considere oportunos independientemente del estudio del suministrador de tirantes y de la necesidad de amortiguamiento provisional en algunos tirantes durante la construcción.

De igual forma, la dirección facultativa podrá ordenar un ensayo de vibración tirante a tirante al finalizar la obra para averiguar los modos de vibración reales de los tirantes y su amortiguamiento inherente.

En todo caso, el sistema de tirantes será tal que permita la incorporación posterior de amortiguadores.

La protección contra la corrosión de los dispositivos será conforme y acorde con la protección de los tirantes, así como la de las piezas de conexión de la estructura.

El proveedor del amortiguador deberá entregar la siguiente documentación:

- Planos de los dispositivos incluyendo conexiones a la estructura.
- Características e información descriptiva de la protección contra la corrosión de los componentes.
- Justificación por cálculo de los componentes y de las conexiones a la estructura (resistencia y fatiga donde procede).
- Desplazamientos y tolerancias.
- Manual de montaje detallado
- Vida útil de los componentes del amortiguador junto con un Procedimiento de sustitución de estos componentes a lo largo de la vida útil del puente.

Tanto el amortiguador como sus distintos componentes pudran ser reemplazados durante la vida útil del puente. Se indicará el plan de inspección y mantenimiento que requieran los amortiguadores que complementará el plan de inspección y mantenimiento de los tirantes. El reemplazo de los diferentes componentes del amortiguador debe poder realizarse sin demasiada interrupción del tráfico. La empresa adjudicataria debe suministrar un procedimiento de reemplazo de los diferentes componentes para su aprobación.

Se valorará positivamente el suministro de amortiguadores de recambio que permitan reemplazar los amortiguadores en uso para su inspección y mantenimiento en talleres especializados.

Deberá entregarse a TRAGSA los resultados de al menos un ensayo hecho sobre el tipo de amortiguador a utilizar en la estructura, con un tamaño comparable al tamaño del amortiguador a utilizar en la estructura.

Ni el amortiguador ni el anclaje deben dañarse bajo desplazamientos excesivos del tirante inducidos por cargas extremas. La empresa adjudicataria debe diseñar y fabricar un tope mecánico para prevenir movimientos extremos del tirante. Los amortiguadores y/o los topes mecánicos deben diseñarse para prevenir el amortiguador de daños debidos a cargas dinámicas excesivas que puede ocurrir debido a los efectos de estas cargas extremas.

3.1.4 ENSAYOS.

3.1.4.1 CORDÓN.

La conformidad del cable con las especificaciones descritas en este artículo está sometida a los ensayos de aceptación llevados a cabo:

- Antes de la selección del producto;
- Durante la producción, en fabrica antes de la entrega.

La unidad para inspección a efectos de muestreo (cuando el cordón autoprotegido viene de la misma fábrica, tiene el mismo grado y diámetro, y tiene el mismo procedimiento de fabricación) se define por colada o por lote, siendo el peso de cada unidad de inspección inferior a las 40 toneladas.

Cuando el número de rollos en una unidad de inspección es inferior a 3, se toman 3 muestras. Cuando este número es mayor de 3, se toma una muestra por rollo, y el máximo número de muestras queda limitado a 12.

Propiedades estándar

En cada muestra, se llevan a cabo una serie de ensayos, según se detalla a continuación:

- Un ensayo de tracción a rotura;
- Una determinación de masa por unidad;

- Control de la capa metálica de protección (masa de la capa por área de la unidad, fuerza de adherencia y continuidad);
- Control de rectitud (flecha remanente).

Propiedades particulares

A menos que se acuerde otra cosa, en una unidad de inspección o parte de la misma se llevarán a cabo los siguientes ensayos.

- Un ensayo de fatiga;
- Un ensayo de tracción desviada.

Para cada ensayo se seleccionarán 3 muestras. Si el ensayo de la primera muestra da un resultado negativo, se realizarán dos ensayos más. Si uno de los dos ensayos adicionales falla de nuevo, la totalidad de cables representados por las tres muestras será rechazada.

3.1.4.2 VAINA INDIVIDUAL DE PEAD Y VAINA GLOBAL DE TIRANTE.

La conformidad de las vainas PEAD con las especificaciones descritas en este artículo está sometida a los ensayos de aceptación llevados a cabo:

- Antes de la selección del producto;
- Durante la fabricación, en planta, antes de su entrega.

La unidad para inspección a efectos de muestreo es la unidad de producción de PEAD por el mismo lote, con un máximo de 30 toneladas de PEAD.

Para cada unidad de producción, se tomarán al menos tres muestras: una muestra se tomará al principio de la producción, otra hacia la mitad y la última al final.

Propiedades estándar

En cada muestra, se llevan a cabo una serie de ensayos para determinar:

- Densidad del producto terminado,
- Índice de fusión,
- Módulo de elasticidad,
- Tensión de fluencia,

- Contenido de Negro de humo (para la vaina negra del cordón o la capa negra de la vaina coextrusionada)

Con cada envío se emitirá un certificado de análisis, declarando que el material es conforme a la especificación y mostrando el resultado del análisis.

Ensayos adicionales tales como el de resistencia a choque dependen del producto terminado. Estos análisis serán a cargo del fabricante del cordón.

Propiedades particulares

Antes de comenzar la producción se realizará una prueba de estabilidad de la vaina frente a los rayos ultravioleta de 6.000 horas siguiendo la norma UNE-EN ISO 4892-3:2016 (Plásticos. Métodos de exposición a fuentes luminosas de laboratorio. Parte 3: Lámparas UV fluorescentes). En el caso de que el color de la vaina global escogido por la propiedad haya sido ensayado con anterioridad, este ensayo podrá obviarse.

Antes de comenzar la producción, se hará una prueba de resistencia del PEAD a fisuración bajo tensión. Las muestras para esta prueba se tomarán de una vaina de PEAD o tubo formando la vaina global.

3.1.4.3 ENSAYOS SOBRE TIRANTES (ANCLAJES + CONJUNTO DE CORDONES)

Para este proyecto solo se aceptarán sistemas de tirantes que cuenten de antemano con ensayos de tipo previos, con cordón de acero de 15,7 mm según la pre-norma europea prEN 10138-3:2000 (Prestressing steels Part 3: Strand) en cualquiera de sus dos grados 1860 MPa y 1770 MPa.

Ensayos de tipo que incluirán un mínimo de 3 ensayos de fatiga axial con flexión y subsecuente ensayo de eficiencia estática según lo dispuesto en el Boletín nº 30 de la "fib".

El tamaño de los anclajes necesarios para el puente estará comprendido entre el menor y el mayor de los ensayos de tipo presentados por el suministrador de los tirantes, salvo que el anclaje del tablero sea superior a 73 cordones. Capacidad máxima de los laboratorios europeos para este tipo de ensayos.

Además de los ensayos de eficiencia anteriores, el sistema de tirantes dispondrá de un ensayo de estanqueidad frente al agua en las condiciones expresadas en el Boletín nº 30 de la "fib".

Además de lo anterior, TRAGSA se reserva el derecho de realizar un ensayo de idoneidad repitiendo en ensayo de eficiencia dinámica y estática de tipo, anterior, en uno de los anclajes de la obra y abonándolo en su justo coste.

La idea del ensayo de idoneidad es la de comprobar que los distintos componentes de los anclajes y los materiales básicos del tirante -tal como el cordón- previstos para su uso en la obra se comportan satisfactoriamente.

En el caso de que la dirección facultativa decida que se realice el ensayo de idoneidad, el contratista notificara a la dirección facultativa para su aprobación el Laboratorio independiente seleccionado. De igual

manera, TRAGSA será informada con un mínimo de 30 días antes de cualquier fabricación o ensayo y podrá así enviar a un representante para que esté presente cuando se lleva a cabo alguno de estos trabajos. Los datos y los resultados de los ensayos serán notificados a TRAGSA.

La fabricación de anclajes y de cordón no se iniciará hasta que los correspondientes ensayos hayan sido superados con éxito (o bien los informes de ensayos previos hayan sido aceptados) y TRAGSA haya dado su aprobación por escrito.

Ensayos de fatiga y de tracción a rotura

Los parámetros y criterios de aceptación de los diferentes ensayos serán conformes a lo detallado en el documento "FIB Recommendations for the Acceptance of Stay Cables systems using Prestressing Steels".

Los ensayos de fatiga se habrán realizado con pulsación axial con flexión conforme al Artículo 6.2.1.2, 6.2.1.3 y 6.2.1.4 del Boletín nº 30 de la "fib".

Los tirantes se ensayarán con todos sus accesorios estructurales e incluirán un anclaje activo y un anclaje pasivo.

El cordón empleado seguirá la misma especificación que el previsto para su suministro en obra y seguirá el mismo trazado en el interior de los anclajes, o uno más restrictivo, que el teórico del tirante de desviación más restrictiva previsto en obra. El tirante no montará los elementos de protección anticorrosiva, como capots, cera o vaina global.

El cable se somete dos millones de ciclos de cargas como sigue: la tensión axial varía sinusoidalmente entre $(0.45 f_{GUTS})$ y $(0.45 f_{GUTS} - 200 \text{ MPa})$, donde f_{GUTS} es la fuerza de rotura nominal del tirante. Al mismo tiempo, sendos anclajes del tirante de ensayo estarán desviados 10 miliradianes ($0,6^\circ$) en su apoyo sobre la placa de reparto.

El ensayo de fatiga se da por terminado si:

- La muestra aguanta dos millones de ciclos a sollicitación axial con flexión sin que se detecte rotura en más del 2% de los hilos que forman el tirante (si el conjunto de hilos es inferior a 100 este límite es de dos hilos).

El resultado del ensayo de tracción, consecutivo al ensayo de fatiga, es positivo si se dan las dos condiciones siguientes:

- El cable soporta una fuerza superior a la mayor de las siguientes:

95% de la fuerza de rotura garantizada del cable, definida como la suma de las características nominales de los cordones.

92% de la fuerza real del cable, calculada a partir de la resistencia real de los cordones.

- El alargamiento del cable bajo carga máxima es superior o igual al 1.5%

Ensayo de estanquidad

Los parámetros del ensayo y los criterios de aceptación son semejantes a los que se especifican en el Artículo 11.3 del documento Cable Stays-Recommendation of French interministerial comisión on Prestressing, o lo indicado en el Artículo 6.2.3 de las “Recommendations for the Acceptance of Stay Cable Systems using Prestressing Steels” (Boletín 30 del fib – “Federation Internationale du beton”)

Por lo general, la muestra del ensayo es un anclaje inferior completamente montado y alojada en un tubo de acero, inclinado en un ángulo típico y representativo de los tirantes del puente ó, en el caso del fib, totalmente vertical. Por una parte, este tubo sirve como depósito al formar una columna de 3 metros de agua por encima de la muestra, por otra parte, sirve como elemento estructural para resistir la fuerza del cable y la flexión impuesta al mismo. La muestra, dependiendo del procedimiento de ensayo, podrá estar inyectada con el material de relleno durante el ensayo.

Una vez montada la muestra, se tensa el cable hasta 0.20 fGUTS, y se rellena el tubo con agua coloreada. El anclaje superior deberá permitir el tesado del cable, y en caso de tirantes con relleno en toda su longitud, permitirá su inyección. Las variaciones térmicas crean tensiones en las zonas de conexión (zonas de transición entre anclaje y vaina) en ambos extremos del tirante. Este fenómeno también se comprueba con el ensayo siguiente.

El proceso de ensayo y la secuencia de cargas son los siguientes:

- 10 ciclos de carga axial entre 0.2 y 0.45 fGUTS, usando un gato apropiado en la parte superior del anclaje. La fuerza en el cable se fija entonces de forma permanente en 0.3 fGUTS.
- 8 ciclos térmicos, obtenidos a partir de un equipo calefactor central, se calienta el agua en el tubo de acero de 20°C hasta 60°C. el cambio térmico del ciclo frío al caliente o viceversa se realizara en un mínimo de 3h y el tirante. Una vez alcanzada la temperatura de pico, el tirante de ensayo permanecerá a esa temperatura durante, al menos, 9 horas.
- Durante el curso del ensayo, en los ciclos térmicos 2, 4, 6 y 8, el tirante se someterá a ciclos de flexión adicional de +/-25 mili radianes, usando un gato transversal y una placa deslizante de soporte bajo el anclaje superior. El número de ciclos de flexión será de 250 en los ciclos térmicos correspondientes. La flexión se realiza cuando el tirante está más frío en los ciclos térmicos 2 y 6 y cuando el tirante está más caliente en los ciclos térmicos 4 y 8.

Después de esta secuencia de cargas, se desmonta la muestra cuidadosamente, se abre para comprobar que no haya rastro de agua en los cordones. El ensayo se considera satisfactorio si el recinto cerrado de anclaje no presenta infiltraciones o manchas de agua coloreada.

Aceptación de ensayos previos de tirantes

Cuando se disponga de al menos tres ensayos de tirantes válidos y que correspondan a la misma amplitud de fatiga especificada y sobre probetas similares a las recomendadas en el proyecto en cuestión (no necesariamente de la misma magnitud de anclaje, sino al menos de la mitad del anclaje más grande del proyecto actual), estos ensayos previos se usarán como base para la aprobación de los tirantes, sujeta siempre a la revisión y aceptación de TRAGSA. Sin embargo, los ensayos de control de calidad deben establecer que el cordón suministrado para esta obra tiene las mismas características geométricas, mecánicas y de fatiga que el cordón utilizado en las probetas de los ensayos citados como previos. Además, los materiales del anclaje y su disposición deberán ser los mismos que los de los ensayos citados.

3.1.5 INSTALACIÓN

3.1.5.1 INTRODUCCIÓN

Los tirantes se instalarán de acuerdo con los procedimientos prescritos por el suministrador de los mismos. La empresa adjudicataria someterá a TRAGSA para su revisión y aprobación, el Manual de Procedimientos que describe las operaciones de instalación, incluyendo la definición de los principales equipos requeridos, así como la ingeniería del programa de instalación con la prescripción de fuerzas y alargamientos de cada cable.

El procedimiento de la instalación de los tirantes será compatible con la secuencia de construcción general de la estructura. La aprobación de la secuencia de instalación y de los planos no releva al contratista de la responsabilidad de llevar a cabo los trabajos requeridos en los documentos del contrato.

La empresa adjudicataria se responsabilizará de la determinación y del control de las fuerzas y de las deflexiones de los tirantes en la estructura en todas las fases de la instalación, cuando estén causadas por el proceso de instalación por él propuesto.

3.1.5.2 MANIPULACIÓN

El instalador de los tirantes desarrollará procedimientos que aseguren que sus componentes no sufran daños durante su manipulación.

Los componentes de los tirantes se protegerán contra la corrosión, contra el calor, la abrasión y otros efectos dañinos a lo largo de su fabricación e instalación.

El diámetro mínimo de curvado al que puede someterse la vaina de PEAD, durante las operaciones de fabricación, transporte, almacenamiento e instalación, es 50 veces su propio diámetro exterior.

El diámetro mínimo de curvado al que puede someterse la vaina de PEAD, durante las operaciones de fabricación, transporte, almacenamiento e instalación, es 17 veces su propio diámetro exterior.

En este caso el proveedor deberá demostrar y justificar a TRAGSA que el radio de curvatura, el espesor de PEAD, el tiempo de almacenamiento con la deformación impuesta y las condiciones de temperatura son compatibles y no afectan la durabilidad de la vaina global (en términos de no exceder el límite elástico de los materiales).

Los anclajes inferiores de los tirantes deberán poder pasar, sin las roscas de reglaje o apoyo, a través de los tubos guía del tablero. Tubos cuyas dimensiones deberán ser compatibles con el sistema de tirantes finalmente adoptado.

Las tolerancias en el corte de los cordones no serán mayores de $\pm 20 \pm L/8.500$ mm.

Si durante el transporte, montaje de tirantes o construcción del puente los tirantes sufriesen algún daño, los daños sufridos por los tirantes o sus componentes, deberán ser evaluados conjuntamente con TRAGSA y remediados antes de continuar el proceso constructivo. Los cordones dañados serán sustituidos.

3.1.5.3 UNIÓN DE LA VAINA GLOBAL:

Cuando la vaina está formada por una sucesión de tubos conectados extremidad a extremidad, las secciones de vaina serán reconstituídas mediante el proceso de soldadura a tope por fusión de ambas secciones a unir. Proceso en el que las secciones a unir serán ortogonales a la generatriz de la vaina y donde se dé continuidad al cordón helicoidal que la rodea.

El responsable del equipo de soldeo reunirá los requisitos solicitados en la norma UNE-EN 13067:2014 (Personal de soldeo de materiales plásticos. Ensayos de cualificación de soldadores. Conjuntos de accesorios termoplásticos con uniones soldadas) en lo referente al proceso de soldeo por herramienta caliente a tope en tubos y accesorios de polietileno.

Las soldaduras seguirán el protocolo indicado en la norma UNE-EN 13100-1:2017 (Ensayos no destructivos de las uniones soldadas en productos termoplásticos semi-acabados. Parte 1: Examen visual)

De igual forma, previo a la soldadura de la vaina, el constructor facilitará tres tubos de muestra de 2 metros de longitud con una soldadura central realizada por el técnico homologado con la maquinaria que vaya a emplearse y con la misma tubería destinada a conformar la vaina de los tirantes.

Dos de esas muestras se ensayarán conforme a la norma UNE-EN 12814-2:2018 (Ensayo de uniones soldadas en productos termoplásticos semiacabados. Parte 2: Ensayo de tracción). El resultado ha de ser satisfactorio en ambas muestras para aceptar al soldador con la maquinaria empleada.

3.1.5.4 MONTAJE CORDÓN A CORDÓN:

El proveedor de tirante deberá tomar las oportunas medidas para no dañar la vaina global o la vaina individual del conjunto de cordones ya izados durante el proceso de izado de nuevos cordones.

Los componentes especiales del sistema (anclaje, tubos, centradores, guías,) deberán ser protegidos con el fin de no dañar la vaina individual del cordón a izar.

El proveedor de tirante deberá tomar las oportunas medidas para garantizar que los cordones son paralelos en la longitud libre del tirante y que sean ubicados en los correspondientes agujeros de ambos anclajes, sin que se crucen.

3.1.5.5 PUESTA EN TENSIÓN

TRAGSA determinará la secuencia de tesado y las fuerzas a aplicar a los tirantes con sus correspondientes alargamientos en función de la rigidez de la estructura para cada una de las etapas de tesado. Este proceso debe diseñarse en colaboración con el proveedor del sistema de tirantes.

La tolerancia para la aceptación del proceso de tesado de un tirante será acordada entre el ingeniero responsable y el proveedor de los tirantes ya que depende en gran medida de la sensibilidad del modelo de cálculo y su correspondencia con la realidad del puente.

Por lo general, Esta aceptación se base en situar los nudos de la estructura que albergan los anclajes de los tirantes dentro de la tolerancia geométrica general y aceptar variaciones globales de fuerza en los tirantes del orden del +/- 10%.

Además de lo anterior, los equipos de tesado estarán calibrados de forma que su precisión este dentro de una tolerancia del 1% a la fuerza máxima teórica de tesado de los tirantes y no mayor del 2% para otras fuerzas intermedias.

Los tirantes podrán ser tesados mediante el proceso cordón por cordón con gato mono-cordón durante su instalación, o bien con gatos multi-cordones para los ajustes de fuerza una vez instalado.

En el caso de que el tesado se realice por fuerza se admitirá una dispersión del +/-2,5% de la carga ELS entre los distintos cordones y un +/-5% en el alargamiento correspondiente. Si el caso es el opuesto y el tesado se realiza por alargamiento, se admitirá una dispersión del +/-2,5% del alargamiento medio en ELS y un +/-5% en fuerza.

El criterio es que la tolerancia en el valor de control sea el doble que la aceptada para el valor objetivo.

Los gatos de puesta en tensión se calibrarán dentro del mes anterior al inicio de las operaciones de instalación y cada seis meses a partir de entonces durante el tiempo de la colocación de los tirantes. Para los gatos mono cordón las calibraciones se podrán hacer en obra utilizando una célula patrón, dedicada a este único efecto. Los elementos patrón deberán tener una precisión de 0,5% y deberán ser calibrados por un laboratorio independiente una vez al año por lo menos.

El sistema de tirantes debe permitir el ajuste tanto positivo como negativo de la tensión. Éste se realizará o bien con gato multi-cordón o cordón por cordón con gato mono-cordón solo para el ajuste positivo.

La amplitud del ajuste debería ser la suficiente como para responder a las siguientes incertidumbres, su definición y necesidad corresponderá TRAGSA:

- Incertidumbre en la posición descargada de los anclajes.
- Incertidumbre en la carga de la estructura durante las fases de tesado, y en la rigidez de la estructura.

- Incertidumbre en la longitud descargada, tensión y temperatura del tirante.
- Alargamiento del tirante para alcanzar la precarga requerida. Incremento del peso propio del tablero en un 5%.
- Incremento del peso de la sobre carga muerta del tablero en un 20%.

Deformación de la estructura resultante de los fenómenos de fluencia y retracción del hormigón o las faltas de precisión correspondientes a la desviación en centro de vano del tablero de $L/2000$, donde L es la longitud del vano principal del puente.

En ningún caso la longitud mínima de ajuste será inferior a 100 mm en los cables más cortos y de 200 mm en los más largos.

La orientación de las piezas de conexión y la cabeza del anclaje debe tener en cuenta la alineación ideal del tirante (catenaria) en condiciones de servicio de la estructura descargada.

Los anclajes deben ser capaces de aceptar el exceso de desviaciones angulares en las tolerancias de la instalación de las piezas de conexión.

Además, el ajuste direccional inicial del anclaje del tirante debería ser posible permitiendo girar el tirante y la cabeza del anclaje. Esto se conseguirá insertando piezas de conexión adecuadas entre el anclaje y la estructura.

En el caso de destesado cordón a cordón, solo se admite dejar la zona mordida por la cuña incorporada a la parte tesada del cordón, de una forma transitoria. No se podrán dejar zonas mordidas por las cuñas en la parte del cordón en tensión de forma permanente.

No se permitirá el destesado que haga superponer una zona ya mordida con la nueva zona de mordedura de las cuñas para la posición definitiva de la cuña sobre el cordón y deje un trozo de cordón mordido dentro del anclaje

En el caso de retesado, no se permitirá que la nueva zona de mordedura de las cuñas solape en más de 25 mm otra zona de mordedura de cuñas anterior. Se entiende por mordedura de cuña la huella que deja una cuña sobre el cordón a una carga superior al 5% de su fuerza última.

Durante cualquier fase de montaje o tesado, ningún torón será sometido a un esfuerzo superior al 60% del esfuerzo de rotura de forma temporal, ni al 55% si es esfuerzo es prolongado mientras la estructura este en construcción.

En estado final de tensión, los cordones componentes de cada tirante no podrán tener esfuerzos que varíen en más o menos 50 MPa, en relación con el esfuerzo promedio del cable.

Las operaciones de tesado y retesado serán realizadas estrictamente en las horas del día que fije TRAGSA.

3.2 POSTENSADO ESTRIBO 1

3.2.2 DEFINICIÓN.

El postensado del muro de retenida está formado por 8 tendones de 37 cordones de 0.6" con anclajes activos en el extremo superior y pasivos en el encepado.

- Composición de cada tendón: 37 cordones de 0.6"
- Sección del tendón unitario: 5180 mm²
- Diámetro interior de la vaina: 130 mm
- Dimensiones de las placas de anclaje: 420mm x 350mm

3.2.3 POSTENSADO.

A los 14 días como mínimo y siempre que $f_{cj} > 32$ MPa se tesarán los cordones en el orden que se indica:

1-5-3-7-8-4-2-6 aplicando una tensión antes de penetración de cuñas de 1395 MPa ($f = 7226$ KN)

3.2.4 CALIDAD DEL ACERO DE POSTENSADO.

- Cordones: y 1860 s7
- Diámetro nominal: 15.2 mm².
- Módulo elástico: $E_p > 19500$ mpa
- Límite elástico característico $F_{pk} = 90\% f_{max} = 1674$ mpa
- Alargamiento bajo carga máxima en 500 mm > 0.035
- Relajación a 1000 horas bajo $\sigma_{pi} = 0.7 f_{max}$ y a 20°C de temperatura: $P_{1000} < 2\% \sigma_{pi}$.

3.2.5 PENETRACIÓN DE CUÑAS.

En este proyecto se ha contado con cordones anclados individualmente mediante cuñas y se han considerado unas pérdidas de penetración de cuñas de 6 milímetros dentro del cuerpo de anclaje. Se controlará, por tanto, que el sistema utilizado no produzca penetraciones de cuña mayores que el valor considerado.

3.2.6 ALARGAMIENTO DE CABLES.

El alargamiento total previsto, medido antes de penetración de cuñas y contando con un módulo de elasticidad del acero $E_p > 19500$ Mpa será de 107 mm.

3.2.7 INYECCIÓN.

Se realizará una vez aprobados por TRAGSA los partes de puesta en tensión de los cables.

Se inyectará la lechada desde la parte inferior del trazado.

3.3 MEDICIÓN Y ABONO.

La unidad de medida y pago será el kg de acero en tirantes según la longitud teórica comprendida entre las caras exteriores de las placas de apoyo, sin provisión de sobre longitudes ni desperdicios.

Esta unidad incluye en el precio la provisión de todos los materiales y accesorios citados en estas especificaciones que constituyan el tirante como elemento independiente de la estructura. Incluye, entre otros, los anclajes de los tirantes con sus materiales de relleno y dispositivos de protección, los tubos de transición de los anclajes, la vaina global, los tubos anti vandálicos, los centradores si los hubiera, los elementos de conexión del tirante a un posible amortiguador, la horquilla de conexión superior con su bulón y el cordón autoprotegido necesario para la puesta en obra del tirante incluyendo mermas.

Asimismo, la unidad incluye los trabajos y equipos necesarios para la instalación completa de los tirantes, entre el orificio de anclaje superior y la placa de reparto del tubo guía inferior. Una fase de tesado inicial y una fase de ajuste de tesado y comprobación final y todos los trabajos de acabado necesarios como la colocación de tubos anti vandálicos, el cierre de la vaina global, la instalación de los elementos de protección de los anclajes y su inyección con la cera petrolera. Además de los retoques de pintura necesarios hasta alcanzar un acabado de los tirantes a plena satisfacción de TRAGSA.

Se incluyen además en esta unidad:

- La placa de conexión de tirantes superior del mástil con orificios para anclaje de los tirantes.
- Los tubos guía inferiores del tablero con sus placas de reparto
- Las bases de anclaje de los amortiguadores.
- La evaluación de la necesidad de amortiguadores.
- Los amortiguadores de los tirantes en caso de estimarse necesarios.
- La protección anti-rayos del puente y de los tirantes.
- Los ensayos de idoneidad de los anclajes de los tirantes