



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1111-2022

Informe de Revisión de Normativa

Propuesta de actualización de la Sección 553 – Concreto pretensado
del manual de especificaciones generales para la construcción de
carreteras, caminos y puentes, CR-2020



Puente sobre Rio Blanco – Ruta Nacional n.º 1

Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el
Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto
DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
Septiembre, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1111-2022

Fecha: 06 de septiembre de 2022

Página 2 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1111-2022		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Propuesta de actualización de la Sección 553 – Concreto Pretensado del manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020		4. Fecha del Informe 06 de septiembre de 2022	
5. Organización y dirección: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500			
6. Notas complementarias Ninguna.			
7. Resumen <p>Este informe sobre la actualización de la sección 553 – Concreto Pretensado del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020, es un producto del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, por solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-UNAT-03-2021 con fecha de 29 de enero de 2021, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.</p>			
8. Palabras clave CR-2020, FP-14, AASHTO, construcción, especificaciones, puentes		9. Nivel de seguridad:	10. Núm. de páginas 53
11. Diseño y elaboración: Ing. Francisco Rodríguez Bardía Unidad de puentes Programa de Ingeniería Estructural	12. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph. D. Coordinador, Programa de Ingeniería Estructural	13. Revisión Legal por: Lic. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR	



Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta los resultados de la revisión de la sección 553 del Manual CR-2020 tomando como referencia el FP-14 y el AASHTO Construcción 2017, con el fin de proponer mejoras y actualizaciones de la sección del CR-2020 indicada.

En la Tabla R.1 se muestran los hallazgos principales de la revisión realizada y las recomendaciones de mejora para cada uno.

Tabla R1. Observaciones y recomendaciones principales de la revisión de la sección 553 del CR-2020

Observación	Recomendación
La sección 553 del CR-2020 está basada en la sección 553 del FP-96. Este último es una versión obsoleta del FP.	Se recomienda que la sección 553 del CR-2020 sea actualizada a la sección 553 del FP-14 según se muestra en el Anexo 1 de este documento.
La sección 553 del FP-14 presenta una distribución diferente a la sección 553 del CR-2020.	Se recomienda reacomodar la sección 553 del CR-2020 siguiendo la estructura de la sección 553 del FP-14, según se muestra en el Anexo 1 de este informe.
La sección 553 del CR-2020 contiene errores de conversión de unidades provenientes del FP-96 que fueron corregidos en el FP-14.	Se recomienda que se realicen las correcciones correspondientes en la sección 553 del CR-2020, como se muestra en el Anexo 1 de este informe.
La sección 553 del CR-2020 contiene algunos errores de redacción y traducción que pueden dificultar su comprensión y evitar que se transmita adecuadamente el contenido de las especificaciones base FP.	Se recomienda realizar las correcciones de redacción y traducción que se muestran en el Anexo 1 de este informe.
El AASHTO Construcción 2017 contiene especificaciones relevantes que no se encuentran incluidas en la sección 553 del CR-2020.	Se propone incluir en CR-2020 contenido de los incisos 10.1.2, 10.2 y 10.11.11 del AASHTO Construcción 2017 como complemento a las especificaciones actuales.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1111-2022

Fecha: 06 de septiembre de 2022

Página 6 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	10
3. ALCANCE	10
4. PROCEDIMIENTO	10
5. HALLAZGOS GENERALES DE LA REVISIÓN	11
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
7. COMENTARIOS FINALES.....	13
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
ANEXO 1.....	16



Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta la propuesta de actualización de la sección 553 – Concreto Pretensado de las Especificaciones Generales Para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2020, el cual es un producto preparado por el Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, a solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-UNAT-03-2021 con fecha de 29 de enero de 2021, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.

El Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, denominado de aquí en adelante como CR-2010, fue elaborado con el fin de sistematizar y uniformar los procedimientos empleados en el desarrollo y conservación de la red vial nacional. Para su preparación se utilizó como documento base la publicación titulada: Standard Specifications of Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects en su versión del 2003 y de 1996, denominadas de aquí en adelante como el FP-03 y el FP-96, respectivamente.

Posteriormente, el Manual CR-2010 sufrió una actualización de algunas de sus secciones en el año 2020, denominada Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 y denominado de aquí en adelante como CR-2020. Esta actualización toma en consideración la nueva versión del documento base titulado Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects en su versión del 2014, denominada de aquí en adelante como el FP-14, en conjunto con las disposiciones del documento titulado AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications 14th edition, 2017, denominado de aquí en adelante como el AASHTO Construcción 2017.

Este informe presenta una revisión de la sección 553 – Concreto Pretensado, de la división 500 del CR-2020, debido a que esta es una de las secciones que no fueron actualizadas considerando lo dispuesto en la FP-14.



2. OBJETIVOS

El objetivo de este informe es revisar el contenido de las especificaciones incluidas en la Sección 553 – Pilotes hincados del CR-2020, tomando como referencia el FP-14 y el AASHTO Construcción 2017, con el fin de proponer mejoras y actualizaciones.

Para realizar este trabajo se definieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Contrastar el contenido de la sección 553 del CR-2020 con la sección correspondiente del FP-96, FP-03 y FP-14 y del AASHTO Construcción 2017.
- b) Revisar la redacción de la sección 553 del manual CR-2020 con respecto a lo expresado en idioma inglés en el FP-14.
- c) Presentar los hallazgos obtenidos a partir de la comparación de la sección 553 del CR-2020 con respecto al FP-14 y AASHTO Construcción 2017.
- d) Elaborar una propuesta de mejoras y actualización de la sección 553 del CR-2020 en un documento de Microsoft Word utilizando control de cambios.

3. ALCANCE

La sección cubierta en este informe es la denominada 553 – Concreto Pretensado. Los documentos contra los que se revisó la sección mencionada fueron el FP-14, FP-03, FP-96 y AASHTO Construcción 2017.

4. PROCEDIMIENTO

- a) Se realiza una comparación entre la sección 553 del CR-2020 y las secciones correspondientes del FP-14 para detectar las diferencias entre ambas publicaciones. También se compara la sección 553 del CR-2020 con los FP-03 y FP-96 para detectar cuáles de las diferencias encontradas en la comparación con el FP-14 se deben a actualizaciones del estado del arte en la construcción de puentes.
- b) Con base en la investigación realizada, se propone la eliminación, inclusión o modificación de especificaciones o secciones del CR-2020 según se considere apropiado. Además, se revisa la traducción y el orden de la sección 553 del CR-2020 en comparación con el FP-14.



- c) Se registran todos los hallazgos mediante comentarios en un documento de Word utilizando la herramienta integrada de control de cambios (ver Anexo 1).
- d) Para cada uno de los hallazgos se elaboran propuestas de modificación, las cuales se documentan en Microsoft Word mediante la herramienta integrada de control de cambios (ver Anexo 1).

Las secciones de los documentos de referencia contra las cuales se realizó la comparación son: la Sección 553 de los FP-14, FP-03 y FP-96, y la Sección 4 del AASHTO Construcción 2017.

5. HALLAZGOS GENERALES DE LA REVISIÓN

De manera general, se detectaron deficiencias recurrentes en las secciones del CR-2020, las cuales se enlistan a continuación:

- a) Se detectaron diferencias de forma y fondo entre el CR-2020 y el FP-14, debido a que la sección 553 del CR-2020 está basada en la norma obsoleta FP-96.
- b) La sección 553 del CR-2020 está distribuida de manera diferente a la sección 553 del FP-14, esto debido a que el CR-2020 se basó en el FP-96 para su elaboración, la cual tiene una organización diferente.
- c) Se detectaron diferencias en magnitudes de algunas de las especificaciones entre el CR-2020 y el FP-14, ya que el FP-96 contiene errores de conversión de unidades entre el SI y el USC. Estos errores fueron subsanados en el FP-14.
- d) La sección 553 del CR-2020, basada en el FP-96 contiene errores de redacción y de traducción de los documentos base, lo que impide que en el CR-2020 se transmita adecuadamente el contenido del FP-96, FP-03 o FP-14.
- e) Se identificó que el AASHTO Construcción 2017 contiene especificaciones relevantes que no se encuentran incluidas en el FP-14, ni en el CR-2020 y que se considera que se deberían incluir al CR-2020 para contar con especificaciones lo más completas posibles.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sección 553 del CR-2020 está basada en el FP-96, la cual se encuentra obsoleta. Por lo tanto, se propone su actualización y mejora, según se muestra en el Anexo 1 de este documento.

La sección 553 de CR-2020 posee una distribución distinta al FP-14 por estar basada en el FP-96. Se considera que la distribución del FP-14 permite una lectura y comprensión fácil, por lo que se recomienda reestructurar la sección 553 del CR-2020 siguiendo una estructura similar a la del FP-14, tal y como se muestra en el Anexo 1 de este informe.

La sección 553 del CR-2020 contiene errores de conversión de unidades provenientes del FP-03 que sí fueron corregidos en el FP-14. Por lo tanto, se recomienda que se realicen las correcciones correspondientes en la sección 553 del CR-2020, como se muestra en el Anexo 1 de este informe.

El CR-2020 contiene algunos errores de redacción y traducción que pueden dificultar su comprensión y evitar que el contenido de las especificaciones base se transmita de forma adecuada, por lo que se recomienda realizar las correcciones de redacción y traducción que se muestran en el Anexo 1 de este informe.

El AASHTO Construcción 2017 contiene especificaciones relevantes que no se encuentran incluidas en la sección 553 del CR-2020, por lo que se propone incluir en este último documento el contenido de los incisos 10.1.2, 10.2 y 10.11.11 del AASHTO Construcción 2017 como complemento a las especificaciones actuales. En el anexo 1 de este informe se pueden observar los textos incluidos y su ubicación sugerida en el orden general de la especificación CR-2022.



7. COMENTARIOS FINALES

Todas las propuestas de actualización al CR-2020 mostradas en el anexo 1 de este informe son recomendaciones y queda bajo criterio de la UNAT definir cuáles serán las que formarán parte de la próxima versión de las especificaciones. Todas las propuestas están orientadas a un mejoramiento general de la sección 553 del CR-2020.

Es importante tomar en cuenta que la sección 553 – Concreto Pretensado fue introducida al documento base FP en su versión FP-03. Esto se detectó durante la revisión de los documentos FP-03 y FP-96 como base del CR-2020.

En cuanto a la simbología utilizada con la herramienta de control de cambios, el texto con tachado a doble línea (~~ejemplo~~) indica traslado desde esa ubicación y el texto subrayado a doble línea (ejemplo) indica traslado hacia esa ubicación. Adicionalmente, el texto tachado a línea simple (~~ejemplo~~) indica eliminación de información existente, mientras que el texto subrayado a línea simple (ejemplo) significa inclusión de información nueva.

Se toma como base para la revisión las normas el FP-14 y AASHTO Construcción 2017 debido a que estas son las versiones vigentes de dichos documentos, los cuales representan el estado del arte en cuanto a construcción de puentes se refiere.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition*. Washington, D.C.: AASHTO.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2020). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020*. San José: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2020). *Manual de Puentes de Costa Rica (MP-2020 Tomo I)*. San José: MOPT.

U. S. Department of Transportation. (1996). *FP-96 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

U. S. Department of Transportation. (2003). *FP-03 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

U. S. Department of Transportation. (2014). *FP-14 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.



Página intencionalmente dejada en blanco



ANEXO 1



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1111-2022

Fecha: 06 de septiembre de 2022

Página 17 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



SECCIÓN 553 CONCRETO ~~PRETENSADO~~ PRESFORZADO

553.01 Descripción

Este trabajo consiste en preesforzar concreto ~~pretensado-prefabricado~~ o colado en sitio ~~proveyendemediante el suministro, colocando-colocado~~ y tensando ~~deel~~ acero de preesfuerzo. ~~También- Este trabajo también~~ incluye la instalación de todos los ~~miembros elementos precolados-prefabricados~~ y preesforzados, con excepción del pilotaje.

553.02 Materiales

~~Deben estar en conformidad con las siguientes~~ Los materiales utilizados en obras de concreto presforzado deben cumplir con las siguientes Secciones y Subsecciones:

Dispositivos de anclaje	<u>722.01</u>
Apoyos elastoméricos (almohadillas)	<u>717.10 (a)</u>
Concreto estructural	<u>552</u>
Acero de refuerzo	<u>709.04</u>
Acero de preesfuerzo	<u>709.03</u>
Apoyos elastoméricos simples o laminado	<u>717.10 (a)</u>
Dispositivos de anclaje	<u>722.04</u>
Lechada para estructuras preesforzadas postensadas	<u>725.22-13 (c)</u>
Acero de presfuerzo	<u>709.02</u>
Acero de refuerzo	<u>709.01</u>
Concreto estructural	<u>552</u>

553.02-1 Detalles de diseño

Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, inciso 10.1.2, cuando los diseños para los trabajos de presfuerzo no estén completamente detallados en los documentos contractuales, el Contratista debe determinar los detalles o el tipo de

Comentado [FR1]: Se observó que en la traducción del FP al CR se utilizó la palabra "prestress" como "pretensado". Sin embargo, el significado correcto es "presforzado".

Se recomienda realizar las debidas sustituciones de la palabra "pretensado" por "presforzado" según corresponda en el cuerpo del CR-2020.

Comentado [FR2]: Revisar, una vez que se haya actualizado todo el CR-2020, cuál es la referencia adecuada.



sistema de presfuerzo que se utilizará y los materiales y detalles que cumplan con este Manual según se necesite para satisfacer los requerimientos de presfuerzo especificados. Los sistemas seleccionados deben ser lo suficientemente capaces en magnitud y distribución de la fuerza de presfuerzo y resistencia última según se requiera en los documentos contractuales. A menos que se indique lo contrario en los documentos contractuales, todos los diseños, coeficientes, esfuerzos admisibles, fricción y pérdidas de presfuerzo, así como el espaciamiento de los torones y los recubrimientos, deben cumplir con ya sea AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, o ambas, según aplique.

553.02-2 Planos suplementarios

(a) Planos constructivos y de taller

Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, cuando los documentos contractuales no incluyan los detalles completos para los sistemas de presfuerzo y sus métodos de instalación, o donde los detalles completos sean provistos en los documentos contractuales y el Contratista desea proponer un cambio, el Contratista debe preparar y suscribir al ente encargado del contrato los planos constructivos del sistema de presfuerzo propuesto para uso. La fabricación o instalación del material de presfuerzo no debe empezar si el ente encargado del contrato no ha aprobado los planos.

Los planos constructivos para el sistema de presfuerzo deben mostrar los detalles completos y cálculos de sustento del método, los materiales, y el equipo que el Contratista proponga para su uso en las operaciones de presfuerzo, incluyendo cualquier inclusión o reacomodo del acero de refuerzo y cualquier revisión en las dimensiones de concreto de las especificadas en los documentos contractuales. Los detalles deben incluir una descripción del método y la secuencia de presfuerzo y deben incluir también las especificaciones completas y los detalles del acero de presfuerzo y dispositivos de anclaje, esfuerzos de trabajo, esfuerzos de tensado, elongaciones de los torones, tipos de ductos, y cualquier otra información relacionada con el proceso de presfuerzo, incluyendo el arreglo propuesto del acero de presfuerzo en los elementos.

Comentado [FR3]: Esta información se indica en AASHTO Construcción 2017 inciso 10.1.2 y no está en ninguno de los FP.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.



Los planos constructivos deben ser entregados con suficiente antelación para permitir que el ente encargado del contrato realice revisiones y el contratista pueda realizar correcciones de los planos sin retrasar los trabajos.

Cuando se requiera en los planos o documentos contractuales, el Contratista debe preparar planos integrados para todos los elementos embebidos en el concreto. Si esta provisión incluye un requerimiento de ingeniería adicional o detallado de diseño, ese requerimiento debe quedar claramente establecido, según indica el artículo 10.1.2 de AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition.

Los planos de taller para postensado y otros empotramientos, como juntas de expansión, apoyos y pernos de anclaje suministrados por los proveedores deben ser revisados y aprobados por el ente encargado del contrato para revisar su concordancia con el concepto de diseño y su cumplimiento con los planos constructivos y especificaciones técnicas.

Cuando la información en los documentos contractuales sobre sistemas de postensado es modificada por el Contratista, o cuando los planos constructivos contractuales no contengan dimensiones detalladas en el sistema de postensado, es responsabilidad del Contratista coordinar la colocación del sistema de postensado y otros elementos empotrados, y corregir cualquier interferencia creada por el sistema de postensado propuesto por el Contratista u otras sustituciones. El acomodo del postensado debe gobernar sobre el acomodo de cualquier refuerzo secundario no presforzado. Cuando sea necesario, la ubicación del acero de refuerzo dulce debe ser ajustado para permitir el paso de los torones de postensión, bajo aprobación del ente encargado del contrato.

(b) Planos integrados

Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, cuando se requiera en los documentos contractuales, sumado a todos los planos constructivos, el Contratista debe preparar un juego de planos de colocación a escala y con suficiente detalle para mostrar las posiciones relativas de todos los elementos que serán embebidos en el concreto, y su profundidad de empotramiento, para las porciones de la superestructura que serán presforzadas. Dichos aditamentos deben incluir los ductos de presfuerzo,



ventilaciones, refuerzos y dispositivos de anclaje, acero de refuerzo, pernos de anclaje, llaves de corte, ensamblajes de sellos de juntas, sistemas de drenaje, conducciones de servicios, y otros elementos similares. Dichos planos deben tener suficiente detalle para confirmar que no habrá ningún conflicto con la posición planeada de cualquier aditamento y que haya suficiente recubrimiento de concreto. Cuando el contrato indique que el Contratista debe desarrollar planos para sistemas de postensado, o cuando el Contratista realice modificaciones al sistema de postensado que se muestra en los planos, el Contratista debe preparar planos constructivos para los aditamentos embebidos o debe proponer cambios en las dimensiones del elemento según sea necesario para eliminar conflictos y proveer el recubrimiento adecuado cuando existan conflictos con, o debido a, el sistema de presfuerzo. La resolución de conflictos debe seguir las provisiones del Artículo 10.1.2 de AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition. Cualquier revisión debe ser aprobada por el ente encargado del contrato antes de que cualquier trabajo haya empezado. Todos los costos relacionados con la preparación de dichos planos y con la realización de las modificaciones necesarias deben ser asumidas por el Contratista. Esto implica que se deben realizar planos integrados a escala y con suficiente calidad para mostrar esfuerzos a doble línea y detalles de los torones de postensión ya sea en dos o tres dimensiones.

Requerimientos para la construcción

553.03 Cualificaciones

Se debe proveer lo siguiente para aprobación al menos 30 días antes de iniciar las labores de concreto presforzado:

- (a) Ingeniero profesional. Nombre del ingeniero certificado por PCI en Calidad del Personal en Planta (Plant Quality Personnel), nivel 1 o superior, y que no sea directamente empleado por la empresa de manufactura de concreto prefabricado.

Comentado [FR4]: En AASHTO Construcción 2017 inciso 10.2 se incluyen especificaciones para la confección de los planos constructivos y de taller que no se encuentran en ninguno de los FP.

Se recomienda incluir las especificaciones en CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.



(b) Gerente de Planta de Manufactura de Concreto Prefabricado y de control de calidad.

Nombre y certificaciones apropiadas.

(c) Supervisor de la lechada. Nombre y un currículum que describa experiencia en proyectos de complejidad similar y certificación de lechada del ASBI (American Segmental Bridge Institute).

(d) Personal de la lechada. Nombres y un currículum que describa experiencia en proyectos de complejidad similar.

Requerimientos para la construcción

553.03553.04 Método de aprobación

Se ~~realizará~~ debe realizar el pretensado-presforzado por medio del método pretensado para esa operación o post-tensado. Si un método propuesto no se encuentra en el Contrato, se deben presentar planos detallados completos para aprobación del método, materiales y equipo propuesto para su aprobación que se proponen, por lo menos 30 días antes de empezar el pretensado-presforzado. ~~Lo siguiente debe ser mostrado:~~ Se debe incluir lo siguiente:

- (a) Método y secuencia del esfuerzo-presfuerzo.
- (b) Especificaciones completas, detalles y resultados de pruebas dpara el acero pretensado de presfuerzo y los dispositivos de anclaje.
- (c) Esfuerzos de anclajes.
- (d) Disposición del acero pretensado de presfuerzo en los miembroselementos.
- (e) Cálculo de la elongación del tendón para de los elementos de tensión (torones) de acuerdo con los procedimientos de tensado a utilizar con gatos hidráulicos que se usarán.
- (f) Número, espaciamiento y método de desvío de para colgar los torones pretensados de pretensado.
- (g) Otros cálculos importantes para el método de pretensado-presfuerzo.

Comentado [FR5]: Se incluye en FP-14 553.03 una subsección dedicada a las cualificaciones necesarias del personal que participará en las labores relacionadas con concreto presforzado.

Se recomienda incluir la subsección 553.03 del FP-14 en el CR-2020 según se muestra.



- (h) Tipo de ~~conductos ducto para torones de torones~~ para el post-tensado.
- (i) ~~Material de la~~ Lechada de inyección y equipo de post-tensado.
- (j) ~~Muestras de alambres o torones, tomadas de acuerdo a Subsección 709.03 Acero preesforzado.~~
- (k) ~~Adiciones o reacomodo del acero de refuerzo y cambios en las dimensiones del concreto.~~

Para ~~el~~ colado in situ, se ~~presentarán debe entregar~~ planos que muestren ~~la nivelación anticipada diagramas, el nivel anticipado o alteraciones al sitio las alteraciones del lugar~~. Después de terminado el colado ~~se debe~~ limpiar ~~el sitio de bien el~~ equipo y ~~basura y se debe~~ devolver ~~el sitio~~ a una condición aceptable.

553.04553.05 Acero de preesfuerzo

Usar ~~Se debe utilizar~~ acero de preesfuerzo que ~~se encuentre esté~~ brillante y libre de corrosión, suciedad, grasa, cera, ~~escamas~~, herrumbre, aceite o cualquier otro material extraño que pueda impedir que el acero y el concreto se adhieran. No se debe usar acero de ~~presfuerzo refuerzo~~ que haya sufrido algún daño ~~físico~~ -o esté picado.

~~El empalme de cable pretensado es permitido~~ Se permite realizar un empalme por torón cuando ~~si el empalme entre miembros se realiza en una fundición se utiliza un gato~~ hidráulico de un torón. Cuando se utiliza un gato hidráulico de múltiples torones, ~~se debe empalmar todos los torones o no más del 10 % de los torones. Se deben utilizar torones que tengan propiedades similares, de la misma fuente, y que tengan el mismo "giro" o "forma". Se deben ubicar los empalmes fuera de la cama de colado y entre elementos.~~

~~Empalmar de manera que los cabos de cable tengan el mismo enroscamiento o colocación.~~

No se ~~debe soldarán ni poner a tierra~~ ~~equipo de soldadura en~~ encofrados o cualquier otro acero ~~en el elemento~~ después de ~~que haya sido~~ instalado el acero de preesfuerzo.

La falla de un alambre ~~de un torón de entre~~ 7 alambres ~~de un cable de preesfuerzo es~~ aceptable si el 85 % de la carga de tensión requerida se obtiene antes de la falla y si el

Comentado [FR6]: Lo tachado no se incluye en el FP-14 553.04(j), pues es eliminado de FP-03.

Se recomienda que se elimine también de CR-2020 según se muestra (eliminar lo tachado).

Comentado [FR7]: Esto se incluye en FP-14 553.04(k) con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión en CR-2020, según se muestra.

Comentado [FR8]: Esta subsección sufre varias modificaciones en FP-14 553.05 con respecto a FP-03, debido a que se actualizan los criterios de empalme para torones de presfuerzo.

Se recomienda realizar el cambio en el CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).

Comentado [FR9]: Se recomienda incluir el texto subrayado como una mejora a la traducción de los documentos base.



alambre ~~que falló no constituye fallado no consiste en~~ más de un 2 % del área total de los ~~cables torones~~ de una viga o vigueta individual.

Las barras ~~se extenderán usando se deben extender mediante~~ aparatos de acoplamiento ~~que, que al estar ensamblados ser montados, tienen tengan~~ un esfuerzo de tensión no menor al ~~del~~ esfuerzo de tensión de las barras.

~~Se debe proteger al acero de presfuerzo contra daño físico, oxidación o corrosión. No se debe utilizar acero de presfuerzo dañado.~~

~~Se debe empaquetar el acero de presfuerzo de manera que quede protegido contra daño físico y corrosión durante el envío y el almacenamiento. Se debe colocar un inhibidor de la corrosión en el paquete. Se debe usar un inhibidor que no produzca un efecto contrario en el acero, concreto o en la adherencia del acero al concreto. Se debe reemplazar o restaurar el empaque dañado.~~

~~Se debe marcar el paquete de envío con una declaración indicando que el paquete contiene acero de presfuerzo de alta resistencia y una advertencia para manejarlo con cuidado. Se debe identificar el tipo, la clase y la cantidad de inhibidor de la corrosión utilizado, incluyendo la fecha de colocación, indicaciones de seguridad e instrucciones de uso. Se debe asignar un número de lote y una etiqueta para identificar alambres, torones, dispositivos de anclaje o barras enviadas al sitio.~~

553.05553.06 Concreto

Preparar ~~Se debe construir con~~ concreto preesforzado de acuerdo con la Sección 552 Concreto estructural y con ~~acero~~ de refuerzo de acuerdo con la Sección 554 Acero de refuerzo.

~~No colocar concreto en los encofrados hasta que el acero de refuerzo, conductos, placas de apoyo y otros materiales que quedarán incrustados en el concreto sean aprobados. Se colocará y vibrará el concreto con cuidado, para evitar el desplazamiento de los elementos incrustados en el concreto.~~

Comentado [FR10]: En FP-14 553.05 se incluyen precauciones a considerar en el uso de acero de presfuerzo, con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir el párrafo resaltado al CR-2020, según se muestra.

Comentado [FR11]: En FP-03 se incluye información sobre el empaquetado del acero de presfuerzo, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.05.

Se recomienda incluir la información en CR-2020 según se muestra (eliminar lo tachado e incluir lo subrayado).

Comentado [FR12]: Esta información es eliminada del FP-03 y del FP-14, con respecto a FP-96.

Se recomienda también eliminar el párrafo del CR-2020, como se muestra.



Se ~~efectuarán~~ ~~deben~~ ~~efectuar~~ ~~al~~ ~~por~~ ~~lo~~ ~~menos~~ ~~2~~ ~~pruebas~~ ~~un~~ ~~juego~~ ~~de~~ ~~cilindros~~ ~~de~~ ~~prueba~~ de esfuerzo ~~de~~ ~~resistencia~~ ~~a~~ ~~la~~ ~~liberación~~ ~~en~~ ~~cilindros~~ ~~a~~ ~~la~~ ~~compresión~~ ~~a~~ ~~la~~ ~~edad~~ ~~de~~ ~~tensado~~ ~~del~~ ~~concreto~~, de acuerdo con AASHTO T23, además de las requeridas para determinar el esfuerzo de compresión a los 28 días. Se deben curar los cilindros que serán sometidos a esfuerzo de compresión ~~a~~ ~~la~~ ~~edad~~ ~~de~~ ~~tensado~~ ~~del~~ ~~concreto~~ junto con los ~~miembros~~ ~~elementos~~ de concreto que representan.

~~Dejar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~dejar~~ áspera la superficie superior de los ~~miembro~~ ~~elementos~~, contra la cual se va a colar concreto. ~~Las~~ ~~superficies~~ ~~acabadas~~ ~~deben~~ ~~ser~~ ~~cubiertas~~ ~~con~~ ~~una~~ ~~membrana~~ ~~impermeabilizante~~ ~~hasta~~ ~~conseguir~~ ~~una~~ ~~superficie~~ ~~lisa~~ ~~libre~~ ~~de~~ ~~rebordes~~ ~~y~~ ~~otros~~ ~~salientes~~.

~~Curar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~curar~~ ~~la~~ ~~viga~~ ~~principal~~ ~~la~~ ~~viga~~ en una atmósfera saturada de ~~al~~ ~~,~~ ~~por~~ ~~lo~~ ~~menos~~, 90 % de humedad relativa. El tiempo de ~~curación~~ ~~curado~~ puede ser acortado ~~calentado~~ ~~si~~ ~~se~~ ~~calienta~~ ~~el~~ ~~la~~ ~~parte~~ exterior de los encofrados impermeables con calor radiante, ~~con~~ ~~calor~~ ~~por~~ ~~de~~ ~~convección~~, ~~mediante~~ ~~vapor~~ o aire caliente.

~~Se~~ ~~debe~~ ~~a~~ ~~Aplicar~~ ~~calor~~ ~~radiante~~ ~~con~~ ~~tuberías~~ ~~por~~ ~~donde~~ ~~haciendo~~ ~~circular~~ ~~vapor~~ ~~por~~ ~~tuberías~~, aceite caliente, agua caliente o elementos de ~~calentamiento~~ ~~eléctricos~~. ~~Inspeccionar~~ ~~Se~~ ~~deben~~ ~~inspeccionar~~ ~~las~~ ~~camas~~ ~~de~~ ~~prefabricado~~ ~~las~~ ~~piezas~~ ~~coladas~~ para asegurar una aplicación ~~de~~ ~~calor~~ ~~uniforme~~ ~~del~~ ~~calor~~. Se ~~usará~~ ~~debe~~ ~~utilizar~~ ~~un~~ ~~recinto~~ ~~a~~ ~~envoltura~~ adecuada que ~~contenga~~ ~~mantenga~~ el calor. ~~Minimizar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~minimizar~~ la pérdida de humedad cubriendo todas las superficies de concreto expuesto con láminas plásticas o un compuesto de membrana líquida para curado, de acuerdo con la Subsección ~~552.156~~ Curado del concreto. ~~Aplicar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~limpiar~~ ~~con~~ ~~un~~ "chorro de arena ~~el~~" (sandblast) al compuesto de curado ~~de~~ ~~que~~ ~~se~~ ~~use~~, ~~en~~ ~~todas~~ las superficies a las que se va a adherir ~~el~~ concreto.

~~Aplicar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~envolver~~ ~~vapor~~ ~~saturado~~ ~~a~~ la totalidad de la superficie ~~con~~ ~~vapor~~ ~~saturado~~. ~~Envolver~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~encerrar~~ completamente la cama de colado con un ~~tipo~~ ~~de~~ ~~carcasa~~ ~~recubrimiento~~ ~~adecuado~~, ~~construido~~ ~~herméticamente~~ ~~cerrado~~ para prevenir ~~la~~ ~~salida~~ ~~el~~ ~~escape~~ de vapor y para ~~excluir~~ ~~evitar~~ ~~que~~ ~~entre~~ el aire exterior. ~~Usar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~utilizar~~ vapor ~~con~~ una humedad relativa de 100 %. No se debe aplicar el vapor directamente al concreto.

Comentado [FR13]: Revisar vigencia de referencia una vez que se haya actualizado todo el CR-2020.



Si se utiliza aire caliente, el ente encargado del contrato ~~La Administración aprobará~~ debe aprobar el método para envolver y mantener la viga principal ~~la viga~~ en una atmósfera saturada ~~con aire caliente~~. ~~No Nunca~~ ~~se permitirá~~ debe permitir que el calor seco toque la superficie de la viga de la viga.

~~Con En todos~~ los métodos de curado ~~curación~~ por calor se debe:

(a) Mantener ~~la totalidad de~~ las superficies de las vigas sin formaleta en una atmósfera saturada durante todo el tiempo de curado

~~(b) Mantener la totalidad de las superficies de las vigas sin formaleta en una atmósfera saturada durante todo el tiempo de curado~~

~~(c)~~ (b) Colocar ~~Embeber~~ una termopar ~~termocupla~~ (enlazado a un termómetro con una precisión de ± 3 °C) de 150 a 200 mm desde la parte superior o inferior de la viga ~~la tapa o desde el fondo de la viga~~ en su línea de centro y cerca de su punto medio.

~~(d)~~ (c) Se instalará un monitor ~~Monitorear~~ con un sensor de registro de precisión (± 3 °C), dispuesto y calibrado para registrar, fechar e identificar continuamente la temperatura del concreto durante todo el ciclo de calentamiento ~~lo largo del ciclo de calefacción~~.

~~(e)~~ (d) El Mantener el registro de la temperatura ~~debe estar~~ siempre a disposición ~~del disponible para información de la Administración~~ ente encargado del contrato.

~~(f)~~ (e) Se calentará ~~Calentar~~ el concreto a no más de 38 °C durante las primeras 2 horas siguientes a la colada del concreto, y luego ~~se aumentará~~ debe aumentar la temperatura en no más de 22.4 °C por hora, hasta un máximo de 71.8 °C.

~~(g)~~ (f) Se enfriará ~~Enfriar~~ el concreto una vez completado después de que ~~el curado se haya terminado~~, a no más de 22.4 °C por hora y hasta una temperatura de 11.38 °C por encima de la temperatura del aire a la que estará expuesta el concreto.

Comentado [FR14]: Las temperaturas de enfriamiento y calentamiento del concreto son actualizadas en FP-14 553.06 con respecto a FP-03.

Se recomienda actualizar el CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).



(h)(g) ~~Se mantendrá~~ Mantener la temperatura del concreto ~~por encima de sobre los~~ 15 °C hasta que la viga ~~principal~~ alcance ~~la resistencia de liberación~~ el esfuerzo de ~~alivio o lanzamiento~~.

~~Curar~~ Se deben curar los ~~miembros elementos precolados prefabricados~~ y preesforzados hasta que el concreto haya alcanzado el esfuerzo a la compresión requerido ~~en el~~ ~~Contrato~~ para la liberación del tensado. ~~El esfuerzo~~ Esto ocurre cuando el esfuerzo promedio ~~en de~~ 2 cilindros de prueba ~~debe ser es~~ mayor que el esfuerzo mínimo requerido. ~~El y el~~ esfuerzo a la compresión ~~individual~~ de cualquier cilindro no debe ser menor de un 5 % del esfuerzo requerido.

553-06553.07 Tensado

~~Usar~~ Se deben utilizar gatos hidráulicos para tensar el acero de ~~pre~~esfuerzo. ~~Usar~~ Se debe utilizar un ~~manómetro medidor de presión~~ o celda de carga para medir la fuerza ~~ende~~ los gatos ~~hidráulicos~~.

~~Estos medidores se calibrarán~~ Los dispositivos de medición deben ser calibrados por lo menos una vez cada 6 meses o ~~antes si aparecieran dando resultados erráticos~~ cuando se ~~observen resultados aparentemente erráticos~~. Se debe ~~Calibrar~~ calibrar el gato y el ~~manómetro medidor~~ como una unidad, con la extensión ~~del cilindro cilíndrica~~ en la posición más aproximada ~~a la fuerza final de los gatos hidráulicos~~ en la que estará en la fuerza final ~~de tensado~~. ~~Conservar~~ Se debe mantener ~~la una~~ tabla ~~de con la~~ calibración certificada ~~para en~~ cada manómetro.

Si se usa un manómetro ~~de presión~~, no se deben ~~calibrar medir~~ cargas menores de $\frac{1}{4}$ ni mayores de $\frac{3}{4}$ de la capacidad graduada total del manómetro, a ~~menos que los datos de~~ ~~calibración~~ ~~no ser que la información de la calibración establezca~~ claramente ~~la exacta~~ ~~consistencia establecida~~ una precisión constante ~~en sobre~~ un rango más amplio. ~~Usar~~ Se debe utilizar un manómetro ~~de presión~~ con un ~~dial de a carátula de lectura~~ ~~precisa exacta y~~ ~~con un diámetro~~ de por lo menos 150 mm ~~de diámetro~~.



~~Medir. Se debe medir~~ la fuerza inducida en el acero de preesfuerzo usando manómetros calibradores de ~~en los~~ gatos hidráulicos, celdas de carga o un dinamómetro calibrado, ~~y~~ Se debe medir la elongación del acero de presfuerzo. Se debe determinar la elongación requerida a partir de las curvas de carga-elongación promedio de los tendones de ~~presfuerzo utilizados, tomando medidas a las elongaciones del acero pretensado.~~

~~Si hay una discrepancia de más de 7 %, entre la elongación medida y la fuerza esperada de los gatos, se revisará la operación completa para determinar las razones de la discrepancia y corregir antes de continuar. Recalibrar los manómetros de los gatos hidráulicos si sus lecturas no concuerdan entre sí con variación máxima de 5 %. Para elementos presforzados con acero pretensados, si hay una discrepancia entre la presión del manómetro y la elongación de más de un 5 % en tendones de más de 15 m de longitud o más de 7 % en tendones de menos de 15 m de longitud, se debe determinar la fuente del error antes de continuar. No se deben permitir discrepancias de más de 7 % en elementos presforzados con acero postensados.~~

Si el sistema de gatos es equipado con una válvula ~~de liberación automática con interruptor automático~~ que se cierra cuando la fuerza de preesfuerzo ~~requerida~~ es alcanzada, las medidas de elongación ~~de los tendones solo son necesarias serán requeridas solamente~~ para el primer y último ~~tendón~~ ~~terón~~ y para, ~~al por lo menos~~, ~~el un~~ 10 % de los demás ~~tendones~~ ~~orones~~.

Si se ~~utiliza~~ ~~sa~~ una celda de carga, no ~~usar se debe utilizar~~ el 10 % inferior de la capacidad de la celda de carga, indicada por el fabricante para determinar la fuerza ~~de tensado del gato.~~

~~No se debe exceder un esfuerzo de tensión temporal de 80 % del esfuerzo a la tensión mínimo especificado para el acero de presfuerzo los esfuerzos temporales de tensión sobre el acero de preesfuerzo del 80 % del esfuerzo último de tensión. Anclar Se debe anclar el acero de preesfuerzo a un esfuerzo inicial que resulte en la retención de un la suma del esfuerzo de trabajo, después de considerar todas las pérdidas, no menor al esfuerzo requerido de trabajo y todas las pérdidas requeridas.~~

Comentado [FR15]: La redacción de este párrafo se modifica en FP-03 y se mantiene en FP-14 553.06, con respecto a FP-96.

Se recomienda actualizar el párrafo, como se muestra, para CR-2020 (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado)



~~En el caso de elementos presforzados con acero pretensado, no se debe permitir que el esfuerzo inicial de tensado, luego de considerar el acomodo de los anclajes, y antes de otras pérdidas, exceda el 70 % de la resistencia mínima a tensión especificada del acero de presfuerzo para torones con esfuerzos aliviados y 75 % para torones de baja relajación. Para elementos presforzados con acero postensado, no se debe permitir que el esfuerzo inicial de tensado, luego de considerar el acomodo de los anclajes, exceda el 70 % del esfuerzo último a tensión especificado para el acero de presfuerzo.~~

553.07553.08 Miembros Elementos presforzados con acero pretensados

~~Moldear~~ Se deben colar los miembros elementos presforzados con acero pretensados según las tolerancias permitidas indicadas en Tabla 553-01 Tolerancias de miembros elementos de concreto preesforzado.

(a) Acero de preesfuerzo

~~Proteger~~ Se debe proteger el acero de preesfuerzo colocado en la cama de tensado contra la contaminación y corrosión en la cama de colado, si la cama de colado tensado va a estar ha estado expuesta a la intemperie ambiente por más de 36 horas antes de colar el concreto.

~~Liberar~~ Se deben liberar todos los torones de retorcimientos y, dobleces y cocas (deformación plástica en los cables). Se mantendrá debe mantener el con precisión el acero pretensado de presfuerzo en la posición y con la tensión señaladas en la Subsección 553.06 Tensado, con precisión. No se debe permitir que los torones se desenrollen más de una vuelta. Mantener Se debe mantener un registro de la fuerza de los gatos y de las medidas de elongación después de que los torones son tensados a un 20 % de la fuerza final de tensado.

~~Tensar~~ Se debe tensar el acero de preesfuerzo a la tensión requerida al esfuerzo requerido. Incluir Se debe incluir en los cálculos de elongación de los cables en los cálculos de elongación, el alargamiento por deslizamiento del anclaje del torón, el deslizamiento en empalmes las uniones, el movimiento horizontal del elemento estructural durante la operación del presfuerzo empotramiento, y los cambios de

Comentado [FR16]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96 y se mantiene en FP-14 553.06.

Se recomienda incluir el párrafo en CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR17]: Esto no se indica en FP-14, FP-03 o FP-96 y no se considera adecuado incluir una especificación en el CR-2020 sin un respaldo técnico.

Se recomienda eliminar lo tachado del CR-2020, como se muestra.



temperatura ~~den~~ el acero ~~pretensado de~~ presfuerzo en los cálculos de elongación de los torones, entre la hora de tensado y la hora de fragua inicial del concreto. Todos los cálculos deben ser realizados por un profesional responsable.

~~Mantener~~ Se deben mantener las camas de los encofrados de la cama de presforzado, los cables torones y la temperatura del acero de refuerzo convencional a una temperatura dentro de los ± 14 °C de la temperatura del concreto que se colocará en los encofrados. ~~Se soportarán los cables con roldanas de cambio de dirección en los extremos. Los torones se deben soportar con rodillos en puntos de cambios de dirección cuando los torones se tensen en trayectoria no lineal. Se usarán~~ Se deben utilizar rodillos que se muevan libremente, con fricción mínima. Al principio, inicialmente ~~cuando los cables están tensados y luego son jalados hasta quedar colgados~~ cuando se tensan los torones y luego se tira de ellos para colocarlos en posición de desvío; se deben tensar a no más de la tensión requerida menos la tensión adicional que se genera al forzar el cable torón para mantener el perfil de desvío colgado. Si la carga ende un cable torón desviado colgado en su extremo fijo, como se determina en las medidas de elongación según indiquen las medidas de elongación, es menor que el 95 % de la carga de que marca el gato, se deben tensar el torón desde ambos los dos extremos de la cama. Determinar ~~Se debe hacer que~~ la carga como la calculada a partir de ~~por~~ la suma de las elongaciones producidas por el gato en ambos coincida los dos extremos tensados por el gato la cual debe quedar dentro del 5 % de la carga solicitada del gato.

Dentro de las 3 horas ~~previo a la colocación del concreto, se debe comprobar~~ Antes de colocar el concreto, revisar la tensión en los cables torones pretensados de presfuerzo, con anticipación de tres horas. El método y el equipo para revisar la pérdida de pretensión esfuerzo deben ser aprobadas por estar sujetas a la aprobación de la Administración ente encargado del contrato. Si los cables torones son tensados individualmente, se debe comprobar ~~revisar~~ la pérdida de presfuerzo tensión de cada cable torón. Se ~~retensarán~~ deben retensar hasta el esfuerzo de tensado original ~~aquellos torones todos los cables~~ que presenten una pérdida de

Comentado [FR18]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96 y se mantiene en FP-14 553.08(a).

Se recomienda incluirlo también en CR-2020, según se muestra.

Comentado [FR19]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96 y se mantiene en FP-14 553.08(a).

Se recomienda su inclusión al CR-2020, según se muestra.



preesfuerzo en exceso de 3 %. Si los ~~cables torones se en~~ tensor dos en grupo se debe revisar el grupo completo para evaluar la pérdida total de pretensión presfuerzo. Se debe liberar y volver a ~~Soltar y retensar~~ tensor el grupo completo si el total de ~~pretensado presfuerzos~~ muestra una pérdida en exceso del 3 % o si cualquier ~~cable torón~~ individual muestra estrara una diferencia notable respecto al resto de los ~~cables torones~~ del grupo.

(b) Liberación del presfuerzo los esfuerzos del acero

~~Soltar~~ Se debe soltar la carga de preesfuerzo ~~al del~~ al concreto después de que el concreto haya alcanzado el esfuerzo a la compresión requerido al momento de la liberación. No se debe exponer el concreto a temperaturas por debajo del punto de congelación por al menos 7 días luego del colado. Se debe c ~~Cortar o soltar los cables torones cuya de manera tal que la excentricidad lateral disminuya la fuerza de preesfuerzo excentricidad lateral debido a la fuerza de presfuerzo sea mínima. Se eortará~~ Se debe cortar el acero ~~pretensado para emparejarlo con el extremo del miembro de presfuerzo a ras en el extremo del elemento de concreto, excepto que se indique lo contrario en planos constructivos.~~

(c) Desadherido de torones

Se debe utilizar una cobertura sólida o dividida de plástico con un espesor mínimo de 0.8 mm para deshaderir los torones. Antes de colocar el concreto, se debe colocar cinta adhesiva para sellar completamente la cobertura solida o dividida, incluyendo los extremos, para prevenir la migración de mortero de concreto a lo largo del torón.

553.08553.09 Almacenaje, transporte y erección montaje de estructuras

No se deben ~~embarear transportar miembros elementos~~ de concreto ~~pretensado preesforzado~~ hasta que las pruebas de cilindros de concreto, s fabricados con el mismo material y curados bajo las mismas condiciones que los ~~miembroselementos~~, indiquen que el concreto ~~deen~~ cada elemento miembro ha alcanzado el esfuerzo mínimo requerido de

Comentado [FR20]: En FP-03 se incluye, con respecto a FP-96, un límite del tiempo en el cual el concreto puede estar bajo el punto de congelación, y se mantiene en FP-14 553.07(b)

Se recomienda incluir lo subrayado en CR-2020 como se muestra.

Comentado [FR21]: Esto se incluye en FP-14 553.08 (b) con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión al CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR22]: En FP-14 553.08(c) se incluyen indicaciones para el desadherido de torones de presfuerzo en elementos de concreto, con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir la actualización en CR-2020 según se muestra.



diseño y tiene por los menos ~~14-7~~ días de colado, ~~excepto las secciones tipo "T" bulbo, las cuales deben tener al menos 10 días de colado.~~

~~Antes de transportar elementos de concreto presforzado, se debe proveer de una certificación escrita por parte de un profesional responsable que cumpla con las cualificaciones de la Subsección 553.03, que indique que los elementos fueron fabricados y visualmente inspeccionados de acuerdo con el contrato y que se cumple con los requerimientos mínimos de calidad.~~

~~Se deben almacenar, transportar y erigir-montar vigas precoladas-prefabricadas y preesforzadas, losas-elementos de losa y elementos tipo cajones-cajón en posición recta. Los, con los~~ puntos de soporte y las direcciones de las reacciones ~~en relación con los miembros deberán ser aproximadamente similares a~~ las mismas que cuando las piezas queden en su posición final. ~~Evitar-Se debe evitar el agrietamiento o daño que las piezas sean agrietadas o dañadas durante el izaje, almacenamiento y manipulación-manipulación o almacenaje de elementos prefabricados. Las-Se deben reemplazar los elementos unidades~~ que resulten dañadas debido a ~~una indebida manipulación o almacenamiento, indebidos deberán ser reemplazadas.~~

553.09553.10 Miembros Elementos presforzados con acero post-tensados

~~Se fabricaránSe deben fabricar~~ piezas post-tensadas de acuerdo con las tolerancias indicadas en Tabla 553-01 Tolerancias de ~~miembros-elementos~~ de concreto preesforzado. Se ~~construirá-debe construir~~ un andamiaje de soporte de manera que la superestructura ~~pueda ser izada libre de los andamios y del efecto de acortamiento producido durante el post-tensado, quede libre para levantarse del soporte y acortarse durante el postensado.~~ ~~Detallar-Se deben detallar~~ los encofrados que queden dentro de las vigas cajón para soportar ~~la losa superior el tablero, ofreciendo de manera tal que ofrezcan~~ una resistencia mínima al ~~acortamiento encoframiento~~ de la viga ~~producido-producto por-de~~ la contracción y ~~el del~~ post-tensado.

(a) ~~ConductosDuctos de postensión~~

Comentado [FR23]: En FP-03 se modifican los tiempos requeridos para el envío de elementos presforzados de concreto, con respecto a FP-96, y se mantienen en FP-14.

Se recomienda aplicar la modificación en CR-2020 como se muestra.

Comentado [FR24]: Este párrafo se incluye en FP-14 553.09, con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir también en CR-2020, según se muestra.



Usar ~~Se deben utilizar conductos ductos de metal galvanizado y~~ herméticos a la lechada, ~~fabricados ya sea galvanizados, soldados o entrelazados~~ y que sean suficientemente rígidos fuertes para conservar su forma y el alineamiento durante la colocación del concreto y la lechada. Se debe utilizar ductos que se ajusten a los siguientes espesores mínimos de pared, con una pared de espesor mínimo como sigue:

- (1) ~~Conducto Ducto metálico de metal~~ (diámetro \leq de 65 mm): 0,55 mm
- (2) ~~Conducto Ducto metálico de metal~~ (diámetro > de 65 mm):
_____ 0,70 mm
- (3) Polietileno de alta densidad (HPDE): _____ 2,00 mm
- (4) Polipropileno de alta densidad (HDPP): _____ 2,00 mm
- (5) ~~Conducto Ducto~~ de metal con ~~tendones tendones~~ de barra ~~pre-armados~~ compreensamblados con el conducto: _____ 0,235 mm

Para ~~tendones tendones~~ constituidos por una sola barra de ~~preesfuerzo~~, se ~~proveen~~ debe proveer conductos ductos con un diámetro interno mínimo de al menos 6 mm mayor que el diámetro exterior de la barra de ~~preesfuerzo~~. Para ~~tendones tendones~~ de alambres, barras o ~~filamentos torones múltiples~~, se ~~proporciona~~ debe proporcionar un ducto con un área interna nominal ~~interna nominal de sección transversal del conducto~~ de al menos 2,25 veces el área neta del acero de ~~preesfuerzo~~. Cuando los ~~tendones torones se coloquen~~ deban ser colocados por el método de halado, se debe proporcionar un ducto con un área interna nominal ~~de sección transversal interna del conducto~~ de al menos 2,5 veces el área neta del acero de ~~preesfuerzo~~.

~~Construir juntas metálicas apropiadas~~ Se deben fabricar juntas de presión positiva entre secciones de ducto para unir los conductos sin que se produzcan ángulos en ellas ~~No se deben realizar ángulos en las juntas. Se usará~~ Se debe utilizar cinta impermeable en las juntas y los conductos se doblarán. Se deben doblar los ductos sin arrugarlos o aplastarlos. Usar Se debe utilizar acoplamientos de metal ferroso o

Comentado [FR25]: En FP-14 se reduce el espesor de pared de los ductos que contienen torones preensamblados, con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar la actualización también en CR-2020, según se muestra.



un acoplamiento de polietileno para conectar los conductos ductos a los artefactos dispositivos de anclaje.

Comentado [FR26]: Se recomienda realizar las modificaciones mostradas al párrafo como una mejora a la traducción de las especificaciones FP-14.

Se deben proteger los ductos contra aplastamiento, la flexión excesiva, contaminación por suciedad y elementos corrosivos durante transporte, manipulación y almacenaje.

En caso de daños en los ductos, se deben sellar con cinta adhesiva, o se debe empalmar un acoplador de ducto sobre la sección dañada para formar un sello que impida la entrada de pasta de cemento al ducto durante la colocación del concreto y para evitar filtraciones durante las operaciones de lechada.

Comentado [FR27]: En FP-03 se incluyen especificaciones para la protección de los ductos de postensión, con respecto a FP-96, y se mantienen en FP-14 553.10(a).

Se proveerán ~~Se debe proveer todos los conductos y sistemas o montajes de anclaje con con~~ entradas para tubos de metal u otro tipo de conexión apropiado para la inyección de la lechada, después del ~~pretensado~~ tensado de acuerdo con la guía PTI, Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures.

Se recomienda incluir al CR-2020 los dos párrafos subrayados, según se muestra.

Se deben proveer ductos con salidas para permitir el escape de aire, agua, lechada y sangrado de acuerdo con la guía PTI, Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures.

Se debe proveer entradas y salidas con un diámetro interno de al menos 19 mm para torones y de al menos 13 mm para tendones de barra individuales. Se debe extender la longitud de las salidas una distancia lo suficiente fuera del elemento de concreto para permitir el cierre apropiado de las salidas.

Comentado [FR28]: En el FP-03 se referencias para la preparación de los ductos de postensión, con respecto a FP-96, y se mantienen en F 14.

Se deben colocar las entradas y salidas, como mínimo, en las siguientes ubicaciones:

Se recomienda incluir en CR-2020 las referencias según se muestra.

- Área de anclaje del torón.
- Puntos altos del ducto, cuando la distancia vertical entre el punto más alto y el más bajo es de más de 600 mm.



- Entrada en el punto más bajo del tendón o cerca de el mismo
- Salidas en los puntos bajos del ducto.
- Cambios mayores en la sección transversal del ducto, como acoples y anclajes, y
- Salidas a una distancia menor a 900 mm siguiendo la línea del torón hacia abajo de las salidas en los puntos altos.

Se deben mostrar los puntos de entrada y salida en los planos constructivos.

Se debe proveer de válvulas de cierre mecánico positivo para entradas y salidas. Se deben proveer entradas y salidas con válvulas, tapones, u otros dispositivos capaces de soportar la presión de la lechada.

~~Proveer conductos con un diámetro interior 10 mm más grande que el diámetro nominal de un solo alambre, barra o tendones de cables.~~

~~Para alambre múltiple, barras o tendones se debe proveer un conducto del área de sección transversal, de por lo menos 2 veces el área del acero de preesfuerzo. Cuando hay que colocar tendones por el método de jalar a través, proveerá un conducto con un área de sección transversal de por lo menos 2,5 veces el área neta del acero de preesfuerzo.~~

~~Asegurar~~ Se deben sujetar bien los conductos de forma segura en su lugar para prevenir movimientos. ~~Mantener~~ Se debe mantener las distancias entre los encofrados ~~y el ducto con~~ mediante tirantes, separadores, bloques, amarras, ganchos ~~u o cualquier~~ otro soporte aprobado. ~~Usar~~ Se deben utilizar bloques de mortero prefabricado, con dimensiones y forma aprobadas. ~~Separar~~ Se deben separar las capas de ~~los~~ conductos con bloques de mortero.

Se deben espaciar los ductos de presfuerzo de acuerdo con la guía PTI, Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures. Cubrir ~~Se deben cubrir los~~

Comentado [FR29]: Esto se incluye en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14.

Se recomienda su inclusión al CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR30]: La información resaltada se encuentra repetida dentro del mismo inciso del CR-2020.

Se recomienda su eliminación del CR-2020 como se muestra (eliminando lo tachado).

Comentado [FR31]: En FP-03 se incluye la referencia al manual PCI, con respecto a FP-03, y se mantiene en el FP-14 553.10(a).

Se recomienda incluir referencia también en el CR-2020, según se muestra.



extremos de los ~~conductos ductos~~ para prevenir la entrada de agua o ~~escombrosdesechos~~.

~~Ventilar todos los conductos en estructuras continuas, en su punto más alto del perfil. Dejar respiraderos en los conductos herméticos con un tubo estándar de un mínimo de 13 mm de diámetro, o un tubo plástico adecuado. Conectar~~

~~Se debe conectar las entradas y salidas los respiraderos~~ a los ~~conductos~~ con sujetadores ~~estructurales~~ —metálicos o plásticos. No se deben ~~usar utilizar~~ componentes que reaccionen con el concreto ~~y, que~~ causen corrosión del acero ~~preesforzado~~ o que contengan cloruros solubles ~~en agua~~.

(b) Colocación de concreto

~~Cuando Donde~~ el extremo del ~~montaje ensamblaje~~ post-tensado no ~~vaya a quedar~~ será cubierto con concreto, se ~~retirarán deben empotrar~~ los accesorios de anclaje, de manera que los extremos del acero ~~pretensado de presfuerzo~~ y todas las partes ~~de los dispositivos de del~~ anclaje queden por lo menos 50 mm dentro de ~~la superficie del~~ extremo ~~de la superficie~~ de los ~~miembroselementos~~.

Antes de ~~colocar la colocación~~ del concreto, se ~~preparará debe demostrar~~ que los ~~conductos no están obstruidosno están obstruidos~~. Inmediatamente después ~~de colocar el concreto~~, se ~~soplará debe soplar~~ el ~~conducto metálico de metal~~ con ~~aire comprimido sin aceiteun compresor de aire, libre de grasa~~, para ~~romperquebrar~~ y ~~eliminarremover todo~~ el mortero en el ~~conducto~~ antes de que se endurezca. Aproximadamente 24 horas después de la colocación del concreto, se ~~inundarán~~ ~~deben limpiar~~ los ~~conductos metálicosde metal~~ con agua que contengan cal (óxido de calcio) o cal apagada (hidróxido de calcio) en ~~la una~~ proporción de 12 gramos por litro. ~~Soplar Se debe extraer~~ el agua con un compresor de aire libre de ~~grasaaceite~~.

Para los ~~miembros elementos presforzados con acero potensadopost-tensados~~ que deben ser curados a vapor, no se debe instalar acero de ~~preesfuerzo~~ hasta que ~~haya completado~~ el curado ~~esté listo~~.

Comentado [FR32]: Esto fue eliminado de FP-03 con respecto a FP-96 y se mantuvo así en el FP-14.

Se recomienda eliminar de CR-2020 según se muestra (eliminar lo tachado).



(c) Anclajes y distribución

Se debe notificar con un mínimo de 10 días de antelación al ente administrador del contrato la Administración antes de instalar los terminales o el cabezal de los cables, por lo menos 10 días antes de la instalación de los extremos de ajuste o alambre de encabezamiento.

Cuando se usen alambres, se proveerá una distancia al borde por cada agujero de preesfuerzo de alambre, por medio de una arandela de tensión, un anillo de soporte desenhbrado, o una placa, de por lo menos 6 mm de la raíz de cualquier fibra, o al borde de cualquier anillo, placa o arandela.

Cuando se utilicen alambres, se debe proveer de una distancia de borde para cualquier orificio para alambre de presfuerzo a través de una arandela de tensión, un anillo de apoyo sin rosca, o una placa, de al menos 6 mm desde la raíz de cualquier rosca o borde de cualquier anillo, placa o arandela.

Se debe anclar en los extremos del elemento el acero de presfuerzo, mediante dispositivos de sus extremos el acero preesforzado post-tensado, por medio de un anclaje permanente capaces de desarrollar no menos de un 95 % del esfuerzo último de tensión del acero pretensado de presfuerzo. Si el dispositivo de anclaje es lo suficientemente largo y es usado utilizado en conjunto con un enrejado una rejilla de acero empotrada en el concreto, que distribuya efectivamente la carga de anclaje al concreto, pueden se pueden omitirse omitir las placas de acero de distribución de acero o montaje.

Usar los conductos anclajes de tendones apropiados para no sobrepasar la pérdida máxima de fijación admisible. Se deben encerrar con ductos los anclajes de tendones en forma de U en toda su longitud.

(d) Acero de preesfuerzo

Comentado [FR33]: Se detectaron errores de traducción y redacción en el párrafo tachado.

Se recomienda que se sustituya el párrafo (Tachado) por uno nuevo según se muestra (subrayado).



~~Usar~~ Se debe utilizar un inhibidor de corrosión para proteger el acero de ~~pre~~esfuerzo instalado en los ~~conductos~~ antes de ~~colocar~~la ~~colocación~~ y ~~curar~~ ~~el~~ ~~curado~~ del concreto. ~~Usar~~ Se debe utilizar un inhibidor de corrosión que no produzca un efecto contrario en el acero, concreto o en la adherencia del acero al concreto.

Si se ~~usa~~ ~~instala~~ el acero de ~~pre~~esfuerzo en los ~~conductos~~ dentro de los 10 días posteriores a la finalización del ~~después de que el~~ ~~curado~~, el ~~post~~-tensado y la inyección de lechada han concluido ~~dentro de los 10 días después de instalado~~, no se requiere un inhibidor de corrosión.

(e) ~~Post~~-tensadoión

Se ~~esperarán~~ ~~debe~~ esperar al menos 10 días después de que el último concreto haya sido colocado en el elementomiembro o hasta que las pruebas de cilindros de concreto indiquen que el concreto ha alcanzado ~~el~~ ~~esfuerzo~~ la resistencia mínima a ~~de~~ ~~compresión~~ ~~mínimo~~. ~~Mostrar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ ~~demostrar~~ que el acero ~~pretensado~~ ~~de~~ presfuerzo está libre y no adherido ~~sin pegarse~~ al ~~conducto~~ ducto. Se enderezarán ~~deben~~ enderezar los alambres, si es necesario, para producir la misma ~~una~~ tensión igual en todos los alambres, ~~en los~~ ~~grupos~~ de alambres o ~~capas~~ ~~de~~ ~~tendones~~ tendones paralelos que ~~se~~ ~~son~~ ~~tensa~~ dos simultáneamente. Se ~~removerán~~ ~~deben~~ retirar ~~todos~~ los encofrados laterales de las vigas principales ~~antes~~ del ~~post~~-tensado.

~~Registrar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ registrar la presión del manómetro y la elongación del acero ~~pretensado~~ ~~permanentemente~~ ~~de~~ presfuerzo ~~mientras~~ ~~se~~ ~~está~~ ~~tensando~~ ~~éste~~ en todo momento mientras se tensa el acero de presfuerzo; ~~Estos~~ ~~registros~~ ~~deberán~~ ~~deben~~ ser entregados al ente administrador del contrato ~~la~~ Administración.

~~Determinar~~ ~~Se~~ ~~debe~~ determinar las pérdidas por fricción en el proceso de ~~pretensado~~ ~~presfuerzo~~ (~~i.e.~~ ~~es~~ ~~decir~~), la diferencia entre tensión en el gato y la mínima tensión en el acero ~~pretensado~~ de presfuerzo) de acuerdo con las normas AASHTO,



~~especificaciones estándar para puentes de autopista~~ RFD Bridge Design Specifications en su versión más vigente.

~~Se deben utilizar cuñas adecuadas u otros dispositivos aprobados~~ Usar tabillitas adecuadas o aparatos ya aprobados, para alcanzar la pérdida de ajuste del nivel de anclaje especificado.

(f) Inyección de Lechada

~~Se debe proveer lechada de Clase A, B, C o D según se especifique y un acero de presfuerzo libre de suciedad, óxido suelto, grasa u otro material dañino. Unir~~ Se debe adherir todo el acero pretensado de presfuerzo y post-tensado al concreto llenando el espacio vacío entre el conducto ducto y el tendón y el tendón con lechada de acuerdo con la PTI, *Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures*. Proveer acero pretensado para unirlo al concreto, el cual debe estar libre de suciedad, herrumbre, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial.

Se debe realizar las operaciones de inyección de lechada utilizando personal con experiencia en aplicación de lechadas en proyectos de similar tipo y magnitud. Se deben realizar las operaciones de inyección de lechada bajo la supervisión inmediata de una persona con experiencia en varios aspectos de la inyección de lechadas y que esté certificada por el programa de Certificación en Inyección de Lechadas del Instituto Americano de Puentes Segmentados (ASBI, por sus siglas en inglés). Se debe suministrar el nombre del supervisor de las operaciones de inyección y la prueba de su certificación ASBI y la experiencia en inyección de lechadas antes de iniciar las labores.

Se debe tener en el sitio antes de comenzar las operaciones de inyección, el equipo de prueba requerido para poder verificar la trabajabilidad de la mezcla de lechada (cono de flujo), temperaturas y otras pruebas especificadas.

Comentado [FR34]: En FP-14 553.10(e) se actualiza la norma de referencia para el cálculo de las pérdidas por fricción del presfuerzo, con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar la actualización en el CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR35]: El contenido de este párrafo es modificado en FP-03 con respecto a FP-96, y las modificaciones se mantienen en FP-14 553.10(f).

Se recomienda aplicar modificaciones al CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).

Comentado [FR36]: Este párrafo se incluye en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.10(f) con algunas modificaciones.

Se recomienda incluir en CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.

Comentado [FR37]: Esto se incluye en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.10(f).

Se recomienda incluir el párrafo en CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.



Se debe utilizar Usar un equipo de lechada inyección capaz de sedimentar a una presión de por lo menos 0,7 MPa con un calibrador de presión que tenga una escala completa de lectura de no más de 2,1 MPa operar con poca variación de presión, que también incluya un sistema para recirculación de la lechada cuando no se está realizando ninguna inyección. Se debe utilizar equipo de inyección capaz de mantener una presión en los ductos completamente rellenos y que tenga una válvula que se pueda cerrar sin producir pérdida de presión en el ducto. Se ajustarán los tubos de inyección por medio de válvulas de salida mecánicas positivas. Ajustar las ventilaciones y tubo de eyección con válvulas, tapas o cualquier otro aparato capaz de sostener las presiones del bombeo.

Comentado [FR38]: Este párrafo es modificado en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.10(f).

Se recomienda realizar modificaciones en CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.

Se debe proveer una certificación por escrito que indique que los ingredientes utilizados en la mezcla de lechada cumplan con los requerimientos ASTM especificados en la guía del PTI, Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures. Esto incluye, mas no se limita a, lo siguiente:

(1) Reportes de pruebas en el molino de cemento

(2) Reportes de pruebas de aditivos minerales

(3) Reportes de aditivos químicos

(4) Reportes de pruebas de otros ingredientes utilizados en la mezcla.

Para lechadas preempacadas, se debe proveer los reportes de las pruebas certificadas de molienda del producto por parte del fabricante

No se debe utilizar aire comprimido para asistir en el bombeo de la lechada.

Se debe proveer de bombas de desplazamiento positivo, capaces de proveer un flujo continuo de lechada, y capaces de mantener una presión de salida de al menos 1 MPa y con un manómetro de presión que tenga una escala completa de lectura de no más de 2 MPa.

Comentado [FR39]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96, con algunas modificaciones adicionales en FP-14 553.10(f).

Se recomienda incluir en CR-2020 lo subrayado, en el cuerpo del documento.



~~Determinar la facilidad de bombeo de la lechada de acuerdo con FLH T502. El tiempo de emanación de una prueba de lechada, inmediatamente después de mezclada, no debe ser menor de 11 s.~~

~~Se debe realizar la inyección solo cuando el tiempo de emisión de una muestra de lechada inmediatamente después de mezclada esté entre 11 y 30 segundos, según ASTM C939. Cuando las condiciones de clima cálido puedan causar un aumento de temperaturas ambientales elevadas se producirá una fragua rápida; se enfriará debe enfriar la lechada con algún método aprobado, si es necesario, para prevenir bloqueos durante la operación de bombeo. Cuando exista la posibilidad de en posibilidades de clima con bajas temperaturas de congelación durante la colocación de la lechada y después de colocada, se lea debe proteger para que no se dañe por congelación, de acuerdo con el manual de la guía del PTI, Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures post-tensado PT1 "Práctica Recomendada para Lechada de Concreto Postensado y Pretensado", Sección 3.3.7, 5ª edición.~~
~~Proveer Se debe proveer un suministro de agua potable y tener en reserva un equipo de limpieza por inyección capaz de desarrollar una presión de bombeo de 1,7 MPa y de una capacidad suficiente para lavar cualquier conducto con sedimento ducto parcialmente relleno con lechada.~~

~~Limpiar Se deben limpiar todos los conductos ductos de materiales que impidan la adherencia de la lechada o que interfieran con los procedimientos de lechada. Se soplarán debe soplar cada todos los conductos ducto con un compresor de aire libre de grasa. Se debe probar la capacidad de las entradas y salidas para aceptar inyección de lechada soplando aire comprimido sin aceite a través del sistema.~~

~~Pasar Se debe pasar la lechada a través de un cedazo una malla con aberturas agujeros de 32 mm como máximo antes de que entre a la bomba. Se deben abrir los ductos de ventilación antes de iniciar la inyección. Se llenará Se debe llenar completamente el conducto del extremo inferior con lechada bajo presión ducto desde el extremo más bajo del tendón en dirección ascendente.~~

Comentado [FR40]: El contenido de este párrafo es modificado en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14, con algunos cambios adicionales.

Se recomienda incluir el párrafo en el CR-2020 como se muestra, en el cuerpo del documento (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).

Comentado [FR41]: El contenido de estos párrafos es modificado en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.10(f).

Se recomienda aplicar las modificaciones mostradas al CR-2020 (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).

Comentado [FR42]: El contenido de estos párrafos es modificado en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.10(f).

Se recomienda aplicar las modificaciones mostradas al CR-2020 (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).

Comentado [FR43]: Lo resaltado se incluye en FP-03, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 553.10(f). Se considera que la información es de suma importancia para la correcta inyección de la lechada.

Se recomienda incluir la información al CR-2020 según se muestra (incluir lo subrayado y eliminar lo tachado).



~~Bombear~~ Se debe bombear la lechada continuamente a través del ~~condueto ducto~~ y los residuos en la salida hasta que no se expulsen gotas visibles de agua o aire y el tiempo de eyección de la lechada expulsada esté entre 11 y 30 segundos. Se debe mantener un flujo continuo y unidireccional de lechada dentro de una etapa de inyección. ~~se desechará en el desagüe hasta que no se vea agua o expulsión de aire. El tiempo de emanación de lechada no debe ser menor a los 11 s.~~

Se deben cerrar las salidas, uno tras otra, de manera similar y en la dirección del flujo. En el caso de salidas situadas a poca distancia aguas abajo de un punto alto, se deben cerrar esas salidas antes que la salida ubicada en el punto alto. Se debe incrementar ~~cerrarán todos los conductos y aberturas, y se aumentará~~ la presión de lechada en el extremo de la inyección a por lo menos 0,7 MPa, manteniéndola por lo menos por 10 s. No se ~~deben~~ remover o abrir las válvulas y tapas hasta que la lechada haya fraguado.

~~Limpia~~ Se debe limpiar con chorro de arena la superficie de concreto de las piezas de anclaje ~~empotradas con un soplete abrasivo.~~ Rellenar ~~Se debe rellenar los espacios libres del~~ el anclaje con concreto de acuerdo con los requisitos para la estructura y un acabado al ras, se limpiará con agua.

~~Remover~~ Se deben remover los extremos de ~~los respiraderos a las salidas y ventilaciones hasta~~ 25 mm bajo la superficie de la ~~calzada carretera~~ después de que la lechada ha concluido. Se debe sellar permanentemente las áreas de empotramiento.

No se debe retirar ~~los andamios~~ las obras temporales debajo de la losa ~~soportante de la superficie que soporta la superestructura~~ hasta por lo menos 48 horas después de ~~inyectada la~~ la lechada del acero post-tensado o hasta que se alcance la resistencia de la el esfuerzo de la lechada se haya obtenido.

553-10553.11 Pintura de acero

Usar ~~Se debe utilizar~~ un cepillo de alambre o un chorro abrasivo para remover toda la suciedad y residuos que no estén adheridos a las superficies metálicas al metal o a la superficie de concreto. Limpia ~~Se deben limpiar~~ y pintar los extremos expuestos del de

Comentado [FR44]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96 y se mantiene en FP-14 553.10(f).

Se recomienda incluir la información al CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento (incluir lo subrayado).

Comentado [FR45]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96 y se mantiene en FP-14 553.10(f).

Se recomienda incluir la información al CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento (incluir lo subrayado y eliminar lo tachado).

Comentado [FR46]: En FP-03 se incluye el requerimiento mostrado, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14.

Se recomienda incluir a CR-2020 según se muestra, agregando al cuerpo del documento lo subrayado.



acero ~~pretensado de presfuerzo expuestos~~, los ~~montajes ensamblajes post-tensados~~ de las cabezas del anclaje ~~del acero postensado~~ y una ~~franja tira~~ de 25 mm de ~~concreto adyacente de unión~~.

Se ~~mezclará debe mezclar~~ la pintura ~~rica en de~~ zinc conforme a FSS TT-P-641. ~~Se debe aplicar pintura dentro de y pintarán todos~~ los espacios vacíos ~~de los tendones presforzados en los tendones pretensados~~. ~~Se debe a~~ Aplicar una capa gruesa ~~de pintura a las superficies que serán cubiertas se cubrirá con concreto~~. ~~Aplicar Se debe aplicar 2 capas de pintura a las superficies no cubiertas con concreto que no se cubrirá con concreto~~.



Tabla 553-01

Tolerancias de miembros elementos de concreto pretensado/presforzado

Descripción	Tolerancia
Vigas prefabricadas con <u>tablero de concreto colado</u> <u>losa fundida en sitio</u> ⁽¹⁾	
Longitud	± 6 40 mm / 10 m ± 25 mm máx.
Ancho (total)	±± 10 mm, 6 5 mm
Profundidad (total)	±± 135 mm, 6 5 mm
Profundidad (Ala)	6 5 mm
Ancho (Alma)	±± 10 mm, -5 mm
Barrido ⁽²⁾	3 mm / 3 m
Variación de la <u>con respecto a la cuadratura o sesgo del extremo calidad del extremo o sesgado</u>	± 15 mm/ <u>10</u> m, ± 25 mm máx.
Variación de la contraflecha <u>con respecto a</u> , de la <u>contraflecha de diseño</u>	± 3 mm / 3 m ± 135 mm máx. ≤ 25 m longitud ± 25 mm máx. > 25 m longitud
Posición de los <u>torones</u> cables:	
Individual	± 6 5 mm — atados
<u>Agrupados</u> Atados	± 135 mm
Posición <u>con respecto a la ubicación de desde el sitio de</u> <u>diseño de los puntos de deflexión para los torones</u> deflectados cables	± 500 mm
Posición de las placas otras que las que no sean de apoyo	± 25 mm
Posición de las placas de apoyo	± 15 mm
<u>Inclinación y nivelado</u> Boquilla y lavado de placas	± 6 5 mm
<u>Inclinación y nivelado</u> Boquilla y lavado de placas de apoyo	± 5 mm
Posición de <u>los</u> insertos de las conexiones estructurales	± 135 mm
Posición de <u>los dispositivos de manejo de artefactos:</u>	
Paralelo a la longitud	± 150 mm
Transversal a la longitud	± 25 mm
Posición de estribos o aros:	
Espaciamiento longitudinal	± 50 mm
Proyección sobre la parte superior	± 19 20 mm
Regularidad local ⁽³⁾	± 6 mm en 3 em en cualquier superficie

Comentado [FR47]: En la table 553-01 del FP-14 se corrigen algunos errores de conversion de unidades entre el USC y el SI, con respecto a FP-03.

Se recomienda aplicar las correcciones también en el CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).



Notas:

(1) Normas AASHTO Vigas tipo I y vigas tipo T.

(2) Variación de línea recta paralela a la línea centro del miembro.

(3) No se aplica a superficies superiores dejadas ásperas para recibir una cubierta o para visualizar las superficies ocultas.

Tabla 553-01 (continuación)

Tolerancia de **miembros elementos** de concreto
pretensado presforzado

Descripción	Tolerancia
Vigas prefabricadas con losa colada en sitio utilizadas en tableros de viga múltiple ⁽⁴⁾	
Longitud	± 1920 mm
Ancho (total)	± 65 mm
Profundidad (total)	± 65 mm
Profundidad (Ala superior)	± 135 mm
Profundidad (Ala inferior)	+± 15 mm, -5 mm
Ancho (alma)	± 10 mm
Barrido ⁽⁵⁾	
Hasta miembros elementos de 12 m de longitud	± 65 mm ± 10 mm
Miembros Elementos de 12 a 18 m de longitud	± 135 mm
Miembros Elementos de más de 18 m de longitud	
Variación respecto a la cuadratura o sesgo final desde la deflexión	± 10 mm / m
Horizontal	± 135 mm, máx.
Vertical	± 135 mm
Variación de la contraflecha de con respecto a la contraflecha de diseño	± 3 mm / 3 m, ± 135 mm máx.
Contraflecha diferencial entre elementos miembro adyacentes del mismo diseño	± 6 mm / 3 m, ± 20 mm máx.



Posición de los toronsecables :	
Individual	± 65 mm
Agrupadostados	± 65 mm
Posición desde el sitio de diseño de los puntos de deflexión para los toronsecables deflectados	± 500 mm
Posición de las placas distintas de las placas de apoyoláminas diferentes de las de soporte	± 25 mm
Inclinación y nivelado Boquilla y lavado de placas	± 65 mm
Posición de insertos para para insertar las conexiones estructurales	± 15 mm
Posición de los dispositivos de manipulaciónmanejo de los artefactos :	± 150 mm
Paralelo a la longitud	± 25 mm
Transversal a la longitud	± 25 mm

Notas:

(4) **Vigas de cajón, losas, entrepisos nervados y vigas múltiples T.**

(6) **Variación de línea recta paralela a la línea centro del miembro.**

Tabla 553-01 (continuación)

Tolerancia de miembros elementos de concreto pretensado presforzado

Descripción	Tolerancia
Vigas prefabricadas usadas en tableros cubiertas con vigas múltiples	
Posición de estribos o aros:	
Espacio Espaciamiento longitudinal	± 25 mm
Proyección sobre la parte superior	+± 65 mm, - 20 mm
Inclinación del área de asiento de vigasBoquilla de asiento de vigas de área de apoyo	± 5 mm
Posición de tubos para tubería apemadadovelas	± 15 mm
Posición de tubos para barras de amarre de formaleta separadores (alineador) de varilla :	
Paralelos a la longitud	± 135 mm
Verticales	± 10 mm
Posición de los vacíos en la losa:	
Extremo del espacio vacío al centro del agujero	± 135 mm
Del tirante adyacente Adyacente al bloque extremo	± 25 mm
Regularidad local ⁽⁶⁾	± 6 mm en 3 em en cualquier superficie
Miembros Elementos presforzados con acero postensados	
Posición de los conductos para postensiónpostensados	± 5 mm



Posición de las placas de apoyo para el anclaje de los tendones láminas de soporte del tendón de anclaje ± 5 mm

Notas:

(1) Vigas AASHTO tipo I y vigas "T" tipo bulbo.

(2) Variación con respecto a una línea recta paralela a la línea centro del elemento.

(3) No aplica a superficies superiores dejadas ásperas para recibir una cubierta o a superficies visualmente ocultas.

(4) Vigas de cajón, losas, entresijos nervados y vigas múltiples T.

(5) Variación de línea recta paralela a la línea centro del miembro.

Nota:

(6) No se aplica a superficies superiores dejadas ásperas para recibir una cubierta o para a visualizar las superficies visualmente ocultas.

553.11-1 Trafico de construcción y operaciones que causen vibración

Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, inciso 10.11.11, durante el periodo designado después de que comience la inyección de lechada de un tendón, se debe eliminar cualquier fuente de vibración que esté operando en la superestructura afectada del puente, ya sea vehículos en movimiento, compresores, generadores, martillos hidráulicos, entre otros, y no se permite la hincada de pilotes y el compactado de suelo dentro de 90 m de la superestructura afectada. El periodo designado debe ser de al menos 4 horas para lechada precalificada anti – sangrado y 24 horas para lechada corriente. La superestructura afectada del puente debe ser tomada como la porción total de la superestructura que esté hasta 90 m en cada dirección de circulación del tramo en el cual se está realizando la inyección.

553.12 Requisitos mínimos para muestreo y ensayo

En la Tabla 553-02 Requisitos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el concreto preesforzado, se presentan los requisitos mínimos para aceptación; sin embargo, el Contratista debe presentar un plan de control de calidad que se ajuste a su programa de trabajo y a las condiciones propias del proyecto; no obstante, queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de esa frecuencia y los ensayos para efectos de

Comentado [FR48]: Este párrafo está en AASHTO Construcción 2017 inciso 10.11.11 y no está en ninguno de los documentos FP.

Se recomienda su inclusión al CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.



aprobación del plan. Este plan de control de calidad del Contratista debe atender las Subsecciones 153.04 Plan de Control de Calidad, 153.05 Constancias de calidad, 153.06 Informe mensual de control de calidad, debe contar con el aval de la Administración de cada proyecto.

Para efectos del plan de verificación, la Administración establecerá los tipos de ensayos y las frecuencias basada en la Tabla 553-02 Requisitos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el concreto preesforzado, que permitan aplicar las Subsecciones 107.02 Inspección visual, 107.04 Conformidad determinada o ensayada o 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) según corresponda, para determinar el pago del trabajo en función de la calidad.

Los laboratorios que realicen los ensayos para el control de calidad por parte del Contratista y la verificación de la Administración, a través de terceros contratados para dicha función, deben estar debidamente acreditados bajo la norma INTE-ISO-IEC 17025 vigente, ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) de acuerdo con la Sección 153 Control de calidad del proyecto.

553-11553.13 Aceptación

~~La Administración aceptará los trabajos cuando compruebe que se han realizado a satisfacción el cumplimiento de todas las especificaciones anteriores, la atención adecuada de las recomendaciones ambientales correspondientes, las normas de seguridad vial y de protección de obras, las normas de seguridad ocupacional, el adecuado desarrollo de los procesos constructivos y el cumplimiento de la calidad de los materiales suministrados, así como el suministro de equipo y herramientas con buen estado y desempeño, utilizados para el desarrollo de todo lo indicado en esta Sección, las Secciones 106 Control del material, 107 Aceptación del Trabajo, la Subsección 153.04 Plan de Control de Calidad y la Tabla 553-02 Requisitos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el concreto preesforzado.~~

~~De manera que:~~

Comentado [FR49]: La información de este subíndice no se encuentra en ninguno de los FP, sin embargo, se considera apropiada para el adecuado control de la calidad de los elementos de concreto presforzado.

Se recomienda trasladar el subíndice a esta sección del documento, y revisar las referencias a otras subsecciones una vez que se haya actualizado el CR-2020 en su totalidad.

Comentado [FR50]: Se considera que la información expresada en este párrafo es repetitiva y no se incluye en ninguno de los FP.

Se recomienda eliminar el párrafo del CR-2020 según se muestra.



Ver Tablas 552-9 y 553-2 para muestreo, ensayos y requerimientos de aceptación.

- ~~Acero pretensado de presfuerzo~~, acero de refuerzo, dispositivos de anclaje, ~~apoyos soportes~~ elastoméricos y materiales para concreto y para lechada deben ser evaluados según Subsección 107.03 Certificación. ~~Proveer~~ Se debe proveer los certificados de producción para cada envío de los siguientes materiales:
 1. ~~Cemento hidráulico~~
 2. ~~Acero de preesfuerzo y~~
 3. ~~Acero de refuerzo~~
- La inyección de lechada será debe ser evaluada según en las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada. (Ver Tabla 553-02 Requisitos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el concreto preesforzado). Los requerimientos de muestreo y ensayo deben ser de acuerdo con la PTI, Guide Specification for Grouting of Post-Tensioned Structures.
- El concreto para elementos prefabricados y presforzados debe ser evaluado según los miembros de concreto preesforzado serán evaluados en las Subsecciones 107.02 Inspección visual, 107.03 Certificación y 107.04 Conformidad determinada o ensayada. (Ver Tabla 552-12 Requisitos de muestreo y ensayo para el concreto hidráulico).
- El concreto para elementos colados en sitio presforzados con acero postensado para post-tensado, preparado en el sitio será debe ser evaluado según en la Sección 552 Concreto estructural.
- La construcción de miembros elementos prefabricados de concreto, colados en sitio, presforzados con acero postensado, debe ser evaluada según prefabricado y presforzado se evalúa en las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada.

Comentado [FR51]: Esto se incluye en FP-14 553.12 con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir lo subrayado en CR-2020 según se muestra y revisar si los números de las tablas se mantienen una vez que se haya actualizado todo el CR-2020.



- El acero de refuerzo ~~debe ser evaluado se eval según~~ debe ser evaluado según la Sección 554 Acero de refuerzo.
- Los andamiajes y encofrados, ~~deben ser evaluados según~~ deben ser evaluados según la Sección 5629 Encofrados y andamiaje.

553-12553.14 Medición

~~Se deberán~~ deben medir los ítems de pago de la Sección 553 Concreto pretensado presforzado, para efectos de aceptación o pago los materiales, insumos y actividades, de acuerdo con las Subsecciones 110.01 Método de medición, 110.02 Unidades de medición y definiciones, 110.04 Procedimiento de recepción, o lo que en su defecto establezca el ente administrador del contrato la Administración.

- ~~Medir los miembros estructurales de concreto prefabricado y preesforzado por unidad (u) o por metro (m).~~ No se debe medir el acero de refuerzo y o el concreto para prefabricar miembros elementos estructurales prefabricados y presforzados de concreto.
- ~~El sistema de pretensado se medirá en forma global (gl).~~
- ~~Se medirá el concreto para elementos presforzados con acero post-tensado se debe medir según,~~ debe medir según, ~~y las estructuras de concreto coladas en su lugar, de acuerdo con~~ debe medir según, la Sección 552 Concreto estructural.
- ~~El acero reforzado de refuerzo para elementos presforzados con acero postensado post-tensado y las estructuras de concreto fundadas se debe miden medir según la~~ debe medir según la Sección 554 Acero de refuerzo
- ~~y~~ Los pilotes pretensados preesforzados se deben medir según ~~en~~ la Sección 551 Hincas de pilotes.

553-13553.15 Pago

El pago ~~constituirá~~ debe constituir la plena compensación por todos los recursos involucrados para su ejecución: suministro y acarreo de todos los materiales, operaciones

Comentado [FR52]: En FP-03 se actualiza el subíndice de medición de la sección 553, con respecto a FP-96, y se mantiene en FP-14 533.13 con algunas modificaciones.

Se recomienda realizar los cambios mostrados en el CR-2020 (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).



necesarias para la obtención, producción, apilamiento, almacenamiento y colocación de materiales; maquinaria, equipo y personal necesarios, así como la señalización preventiva de protección de obra y cualquier otra actividad necesaria para la adecuada y correcta realización de las actividades contempladas en esta sección. Lo anterior, con excepción de aquellos casos para los cuales algunos de esos recursos se paguen de forma separada, indicados así en el Cartel de licitación o en este manual.

El pago ~~será~~ ~~debe~~ ~~ser~~ la compensación total por el trabajo descrito en esta Sección y de conformidad con la Subsección 110.05 Alcance de pago.

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, ~~serán~~ ~~deben~~ ~~ser~~ pagadas al precio del Contrato por unidad de medida o suma global de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación.

El pago se hará como sigue:

Renglón de pago		Unidad de medida	
CR.553.01	Miembros-Elementos de concreto estructural pretensados-presforzados y prefabricados	Unidad	(U)
CR.553.02	Miembros-Elementos de concreto estructural pretensados-presforzados y prefabricados	Metro lineal	(m)
CR.553.03	Sistema de pretensadepresfuerzo	Suma global	(Gbl)

~~553.14566.01 Requisitos mínimos para muestreo y ensayo~~

~~En la Tabla 553-02 Requisitos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el concreto presforzado, se presentan los requisitos mínimos para aceptación; sin embargo, el Contratista debe presentar un plan de control de calidad que se ajuste a su programa de trabajo y a las condiciones propias del proyecto; no obstante, queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de esa frecuencia y los ensayos para efectos de~~



~~aprobación del plan. Este plan de control de calidad del Contratista debe atender las Subsecciones 153.04 Plan de Control de Calidad, 153.05 Constancias de calidad, 153.06 Informe mensual de control de calidad, debe contar con el aval de la Administración de cada proyecto.~~

~~Para efectos del plan de verificación, la Administración establecerá los tipos de ensayos y las frecuencias basada en la Tabla 553-02 Requisitos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el concreto presforzado, que permitan aplicar las Subsecciones 107.02 Inspección visual, 107.04 Conformidad determinada o ensayada o 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) según corresponda, para determinar el pago del trabajo en función de la calidad.~~

~~Los laboratorios que realicen los ensayos para el control de calidad por parte del Contratista y la verificación de la Administración, a través de terceros contratados para dicha función, deben estar debidamente acreditados bajo la norma INTE-ISO IEC 17025 vigente, ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) de acuerdo con la Sección 153 Control de calidad del proyecto.~~

Comentado [FR53]: La información de este subíndice no se encuentra en ninguno de los FP, sin embargo, se considera apropiada para el adecuado control de la calidad de los elementos de concreto presforzado.

Se recomienda mantener el subíndice en el documento, pero trasladarlo a justo antes de "Aceptación", y revisar las referencias a otras subsecciones una vez que se haya actualizado el CR-2020 en su totalidad.



Tabla 553-2

**Requerimientos mínimos de muestreo, ensayo y aceptación para el
concreto preesforzado**

Comentado [FR54]: Se debe verificar que las subsecciones de referencia se mantengan vigentes una vez que se actualice el CR-2020 completo.

Material o Producto (Subsección)	Tipo de aceptación (Subsección)	Características	Especificaciones del Método de ensayo o especificaciones	Frecuencia de muestreo	Punto de muestreo	Muestra separada	Tiempo de reporte
Concreto Preesforzado	Medido y ensayado conforme (1067.04)	Resistencia a la compresión	AASHTO T23 AASHTO T22	1 cada 25 m ³ (2)	Flujo de descarga en el punto de colocación (1)	Si	Al completar las pruebas
Lechada	Medido y ensayado conforme (1067.04)	---	Especificación para Lechadas en Estructuras Preesforzadas (3)	Cada mezcla	Cada fuente	No	Al completar las pruebas

(1) Muestreo de acuerdo con AASHTO T141R 60, con excepción de que excepto para las muestras compuestas no son requeridas.

Comentado [FR55]: En FP-14 Tabla 553.02 se actualiza la referencia para muestreo, con respecto a FP-03.

(2) Además de los cilindros de prueba necesarios para determinar la resistencia a 28 días, se deben hacer dos cilindros para realizar pruebas de esfuerzos en los cilindros a la edad de tensado del acero de presfuerzo. Se debe curar los cilindros de prueba de resistencia a la compresión en el momento de tensado en conjunto con los elementos de concreto que representan.

Se recomienda actualizar la nota en el CR-2020 según se muestra.

(3) PTI, Guide Specification for grouting of Post-Tensioned Structures