

Prefabricados de concreto reforzado de gran formato

Artículo 633 - 22

633.1 Descripción

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte e instalación in situ de elementos prefabricados de concreto reforzado de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor. Esta especificación comprende los siguientes elementos prefabricados: box culvert, prelosas colaborantes, puentes peatonales, y vigas pretensadas.

Los box culvert se utilizan como pasos transversales subterráneos de conducción de aguas, pasos peatonales o vehiculares. Este trabajo incluye la instalación del elemento estructural y sus respectivas juntas.

Las prelosas colaborantes se colocan entre las aletas de las vigas de puentes, con el fin de servir de formaleta y hacer parte del tablero o losa superior del puente.

Los puentes peatonales prefabricados incluyen las pilas, columnas, vigas, descansos y rampas, además de sus respectivas conexiones.

Las vigas pretensadas son usadas para conformar los tableros de puentes vehiculares.

Estos elementos pueden tener diferentes secciones transversales, en "I", Doble T, o en "U", según las condiciones específicas de cada puente.

633.2 Materiales

Los materiales que se utilicen para la fabricación de los prefabricados de concreto reforzado de gran formato deben cumplir con los requisitos aplicables de las siguientes especificaciones:

- Para el concreto, el artículo 630, Concreto estructural.
- Para el acero de refuerzo, el artículo 640, Acero de refuerzo.
- Para el acero de presfuerzo, el artículo 641, Acero de presfuerzo.

Los documentos del proyecto deben definir los requisitos de durabilidad, clase de concreto y resistencia, para cada uno de los prefabricados de gran formato de acuerdo con el artículo 630, incluyendo la relación agua/material cementante (a/mc), el tamaño máximo nominal de los agregados, el uso de aditivos, si se requieren, y demás parámetros que definen los tipos y clases de concreto.

Excepto que los documentos del proyecto establezcan valores superiores, el concreto empleado en la construcción de los box culvert y las prelosas colaborantes debe tener una resistencia mínima a la compresión de veintiocho megapascuales (28 MPa) a veintiocho (28) días; y para los puentes peatonales y vigas preesforzadas, esta resistencia no debe ser inferior a

treinta y cinco megapascals (35 MPa) a veintiocho (28) días.

El acero de refuerzo y de preesfuerzo deben ser del tipo y la resistencia establecidos en los documentos del proyecto para las diferentes estructuras de concreto.

El uso de aditivos se debe realizar de acuerdo con lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630. Su uso es responsabilidad del constructor, así haya sido aprobado por el interventor. Los productos para las juntas, cuando el diseño así lo requiera en los documentos del proyecto, deben cumplir con lo establecido en el numeral 630.2.4 del artículo 630.

633.3 Equipo

Es responsabilidad del constructor disponer de equipos para la elaboración del concreto, formaleas, equipos para el tensionamiento del acero, equipos o vehículos apropiados para las operaciones de cargue, manipulación, transporte e instalación de los elementos prefabricados, además de equipos o dispositivos para la ejecución de juntas, actividades de limpieza, toma y ensayo de muestras, entre otros.

633.3.1 Equipo para la elaboración del concreto

Respecto del equipo requerido para la elaboración del concreto, que incluye las actividades de suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado del concreto, se deben aplicar los requisitos pertinentes establecidos en el artículo 630.

633.3.2 Formalea

La formalea para la fabricación de los prefabricados de gran formato debe ser metálica. Esta debe ser diseñada y construida con el fin de obtener una estructura que cumpla con la

forma, los niveles, las dimensiones y tolerancias indicadas en los planos de diseño y en las especificaciones de obra. Las formaleas deben permitir el proceso de vibrado del concreto, ser herméticas para impedir la fuga de la mezcla, estar adecuadamente arriostradas para conservar su posición y forma, y suficientemente soportadas para no dañar la estructura o afectar su seguridad durante el proceso de desencofrado.

Para los elementos de concreto preesforzado la formalea debe permitir desplazamientos del elemento sin causar daños durante la aplicación de la fuerza de preesforzado.

El uso de formalea de madera requiere de la aprobación del interventor. El constructor debe demostrar que se obtienen los mismos acabados y calidad del concreto fundido con formalea metálica. La aprobación del diseño de las formaleas, metálica o de madera, por parte del interventor no exime al constructor de su responsabilidad respecto de la seguridad, calidad y cumplimiento de las especificaciones.

633.3.3 Equipo para tensionamiento del acero

Los gatos hidráulicos para tensionar el acero y demás dispositivos, además de los equipos para corte de los cables, deben cumplir los requisitos pertinentes establecidos en el artículo 641, y en especial lo indicado en el numeral 641.3.

633.3.4 Equipo para el transporte e instalación

El constructor debe disponer de toda la infraestructura, dispositivos de carga, maquinaria, equipos o vehículos necesarios para trasladar materiales y herramientas de un lugar a otro, para izar, desplazar o instalar piezas de gran tamaño y peso en cualquier posición. Estos procedimientos se deben ejecutar de forma segura, sin que se causen daños en los prefabricados o en los elementos receptores, y de

acuerdo con los requerimientos de los documentos del proyecto y esta especificación.

Para el transporte de los prefabricados se requiere de tracto camiones con la capacidad de carga y dimensiones adecuadas, de acuerdo con las características de las piezas por movilizar (cantidad, dimensiones y peso). Deben considerarse las condiciones específicas del proyecto, tales como, las condiciones del terreno, el diseño geométrico vial, restricciones en la vía, y accesos al sitio de la obra, entre otros aspectos.

Para las operaciones de transporte, cuando así se requiera, según sean las dimensiones del elemento por movilizar, si este cataloga como elemento extra-dimensionado o extra-pesado, el constructor debe presentar para aprobación del interventor, la logística de movilización, incluyendo los permisos respectivos, pólizas, vehículos de escolta y demás requisitos de la normatividad legal vigente aplicable para tales condiciones de carga. Los tramites de permisos se deben realizar con suficiente antelación, no menor a treinta (30) días, con el propósito de que se cumpla con la programación prevista en el proyecto.

Para la instalación de los prefabricados se deben seleccionar grúas y equipos de montaje según las magnitudes de las cargas, dimensiones, y elementos por izar. Adicionalmente, se deben disponer de plataformas de apoyo o de elevación, sistemas de comunicación, iluminación, señalización, así como eslingas y elementos auxiliares, todos los cuales deben ser planificados y coordinados por el constructor de tal forma que garantice la seguridad y la correcta ejecución de las actividades.

La selección de los equipos de izado debe ser compatible con el tipo de masas y volúmenes por levantar. Los sistemas de tracción (orugas o llantas) deben ser compatibles con las pendientes del sitio, el tipo de terreno, incidencia de vientos o corrientes de agua y su capacidad

de carga. Se deben tener en cuenta posibles esfuerzos adicionales generados por efectos de los momentos de giro de los equipos, los momentos de los tornamesas de los equipos, y los momentos de volcamiento que puedan producir las cargas.

Los vehículos y equipos para el transporte e instalación deben ser aprobados por el interventor. Se debe garantizar el cumplimiento de esta especificación, los requerimientos de los documentos del proyecto, y las disposiciones legales vigentes sobre la circulación de vehículos de carga. Los vehículos deben estar provistos de los elementos necesarios para evitar cualquier afectación a los elementos transportados o sobre las vías de circulación. Todos los equipos y vehículos deben contar con un programa de mantenimiento, y deben cumplir con las disposiciones legales vigentes para control de la contaminación ambiental.

633.4 Ejecución de los trabajos

633.4.1 Programa de trabajo

El constructor debe presentar con suficiente antelación al inicio de las actividades, un programa de trabajo para aprobación del interventor. Este documento debe contemplar como mínimo los siguientes aspectos:

- Listado con la descripción del equipo requerido para las operaciones de fabricación, transporte e instalación de los prefabricados, incluyendo la ficha técnica de los equipos y la verificación de sus capacidades respecto de los elementos por transportar o instalar.
- Descripción de la central o planta de fabricación de los prefabricados, especificando el tipo de planta, su ubicación y demás características técnicas que influyan en la ejecución de las actividades.
- Plan de producción de los prefabricados.

- **Proceso constructivo.** Se deben describir los procedimientos para la fabricación de los prefabricados. Se debe incluir el procedimiento para garantizar que la resistencia de los elementos, insertos o apoyos sea suficiente ante las solicitaciones generadas por las operaciones de cargue, desplazamiento, manipulación e instalación.
- **Plan de seguridad.** Se deben especificar las medidas de protección para la seguridad del personal y para el trabajo en alturas según la normatividad vigente, anexando las medidas preventivas y de seguridad para la ejecución de todas las actividades y para el uso de vehículos y equipos.
- **Plan de transporte e instalación de los prefabricados.** Se debe especificar los procedimientos o maniobras (planos de izado) para las operaciones de cargue, desplazamiento, manipulación e instalación de los elementos, de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto. Se debe incluir la descripción de las rutas para el transporte hasta el lugar de instalación de los prefabricados, considerando el recorrido más corto y seguro posible. Se deben incluir los horarios permitidos para las operaciones de circulación e instalación.
- **Programa de ejecución.**
- **Programa de control de calidad.**
- **Información adicional** que el interventor requiera.

El constructor no debe iniciar la construcción de los elementos prefabricados sin la aprobación del programa de trabajo por parte del interventor. Esta aprobación no lo exime de la responsabilidad respecto de la seguridad, calidad del trabajo y cumplimiento de todas las especificaciones.

633.4.2 Fabricación de los prefabricados

La elaboración del concreto y construcción de los prefabricados se debe ejecutar de acuerdo con los requisitos pertinentes de los artículos 630, 640 y 641. Los materiales y procedimientos usados en la producción de los prefabricados deben ser previamente aprobados por el interventor, y deben estar sujetos a inspección durante la ejecución de los trabajos. Se debe garantizar una producción acorde con lo establecido en el programa de trabajo aprobado, cumpliendo con la calidad especificada en los documentos del proyecto, respecto a uniformidad, dimensiones, niveles, detallado del refuerzo, resistencia, anclajes, insertos, juntas, etc. El área de trabajo debe ser la adecuada para el correcto desarrollo de todas las actividades y para la obtención de los resultados esperados. Debe garantizarse que, en el suelo del área de fabricación, en los bancos de trabajo, y en los soportes para la fundición y tensado, no se produzcan asentamientos o corrimientos que generen deformaciones o esfuerzos no previstos en los elementos prefabricados.

Sólo se debe autorizar la fundición del concreto cuando el interventor haya comprobado las dimensiones de las formaleas, la colocación y ubicación del acero de refuerzo y de preesfuerzo, y los recubrimientos especificados en los planos de construcción. Se debe llevar un registro detallado de cada elemento fundido, con un número de identificación, la fecha de fabricación, la fecha de pretensado, su longitud, y puntos de izado, cómo mínimo.

Los elementos prefabricados deben tener la capacidad de soportar las solicitaciones causadas por las operaciones de cargue, transporte, manipulación e instalación, de tal forma que no se generen roturas ni agrietamientos. Igualmente, no deben presentar deflexiones debidas al peso propio, o pandeo global o local que ocasionen agrietamiento.

El interventor puede solicitar los cambios que considere necesarios para cumplir con las especificaciones de calidad y resistencia de los elementos prefabricados.

Se recomienda seguir los requisitos del MNL-116, Manual for Quality Control for Plants and Production of Structural Precast Concrete Products. Los requisitos de la presente especificación para elementos prefabricados se cumplirá por encima de los encontrados en el manual MNL-116.

633.4.3 Proceso constructivo

El proceso constructivo contempla además de lo establecido en los artículos 630, 640 y 641 respecto de la ejecución de los trabajos como mínimo las siguientes actividades:

- Limpieza, preparación, armado de los moldes, formaletas, equipos y bancos de trabajo con sus partes. Debe retirarse el polvo, residuos o cualquier otra sustancia o elementos que pueda afectar la calidad del prefabricado, además de emplear desmoldante para el encofrado.
- Comprobación continua y registro en formatos de la calidad de los materiales empleados en la producción del concreto.
- Figuración y armado del acero de refuerzo, insertos y demás elementos adicionales conforme a los planos de construcción aprobados. Ubicación y fijación de los distanciadores o separadores para el refuerzo que garanticen la posición de las armaduras y los recubrimientos especificados. El material de estos elementos, la cantidad y su disposición no debe afectar la resistencia, acabado o sección transversal del elemento por fundir. De ser necesario, el refuerzo figurado se debe almacenar en un lugar adecuado para evitar que sea afectado por las condiciones climáticas.
- En elementos preesforzados, todo lo que incluye el proceso de colocación y tensado de los cables se debe realizar según esta especificación y los planos de construcción del proyecto. Este procedimiento debe ser aprobado por el interventor. Se debe especificar el uso de equipos o elementos como devanadores, bancos de trabajo, gatos hidráulicos para tensionamiento, grúas, cabezales, camisas, cuñas, barriletes, manómetros y celdas de carga.
- Limpieza de las armaduras para quitar el polvo, grasa, aceite o cualquier otro producto que pueda afectar la adherencia con el concreto.
- Verificación y aprobación de las armaduras, ductos, niveles, verticalidad de los moldes, insertos y demás elementos a que haya lugar antes de proceder con el vaciado del concreto.
- Preparación del concreto en una planta de producción o central de mezclas, de acuerdo con las dosificaciones del diseño de mezcla aprobado.
- Vaciado del concreto mediante tolva o sistema de bombeo según la aprobación del interventor. Este proceso debe realizarse por capas, sin generar desplazamientos en la formaleta, armaduras o insertos. La consolidación del concreto se realiza mediante un adecuado vibrado, que no produzca segregación de los agregados ni afecte las armaduras, elementos embebidos o la formaleta.
- Preparación de las superficies o caras de los elementos, incluyendo aquellas que requieran rugosidad con el fin de lograr adherencia con el concreto de segunda etapa.
- Muestreo del concreto para verificar la resistencia especificada a la compresión

del concreto y la resistencia mínima para la transferencia de esfuerzos. Se deben realizar ensayos de compresión de cilindros en equipos debidamente certificados. Los cilindros deben ser sometidos a un proceso de curado similar al más desfavorable de las estructuras que representan. El muestreo del concreto se establece de acuerdo con el numeral 633.5.2.2.3.

- El curado del concreto debe seguir los lineamientos del reglamento NSR y de la guía ACI 308, según lo establecido en el artículo 630, respecto de los métodos, procedimientos, materiales y tiempos mínimos de protección y curado del concreto, además del muestreo necesario para determinar la eficiencia del curado. El constructor debe realizar las pruebas que sean necesarias para determinar el método más eficaz y eficiente para el curado de cada uno de los tipos de elemento prefabricado. El método de curado debe ser aprobado por el interventor. En todo caso se debe garantizar que el concreto adquiere la resistencia especificada y no se afecte su durabilidad.
- La transferencia de esfuerzos al concreto en elementos pretensados mediante el corte de los cables, debe ejecutarse cuando se haya alcanzado la resistencia a la compresión mínima especificada en los documentos del proyecto. No se deben usar soldadores de arco eléctrico para el corte de los cables.
- Retiro de la formaleta y de los soportes u obra falsa en un tiempo mayor o igual al permitido para remoción, según las especificaciones para cada elemento, y garantizando que no se vea afectada la resistencia ni se generen afectaciones o deformaciones en los elementos fundidos.
- Preparación de las superficies, apoyos, elementos receptores o terrenos donde se vayan a instalar los elementos

prefabricados. Se deben verificar los requerimientos de equipos, de elementos de seguridad, soportes, etc, además del procedimiento para el caso de instalaciones en altura o a profundidades considerables.

- Aprobación de los elementos prefabricados por parte del interventor, previamente al cargue y transporte al sitio de la obra.

Todas las actividades involucradas en el proceso constructivo deben ser revisadas y aprobadas por el interventor.

633.4.4 Manipulación y transporte de los prefabricados

El proceso de cargue y transporte al sitio de la obra de los prefabricados se debe realizar mediante equipos adecuados y tracto camiones, conforme a lo indicado en esta especificación y según los requerimientos del programa de trabajo del proyecto.

Antes del inicio de las actividades de cargue, transporte y montaje, se debe revisar el estado de los equipos y vehículos, verificando su correcto funcionamiento y que estos dispongan de los elementos de seguridad, tales como luces, cinturones de seguridad, espejos, bocinas, alertas de marcha atrás, barras de protección, accesos adecuados, etc. Los vehículos se deben mantener limpios y tener una visibilidad adecuada. Durante el transporte o la ejecución de maniobras se debe cumplir, en todo momento, con las medidas de seguridad por parte de los conductores, operarios y demás personal, mantener la velocidad de circulación u operación adecuada, respetar las señales de tránsito, y cumplir con las instrucciones y procedimiento especificado para cada maniobra.

La manipulación de los prefabricados durante el cargue, transporte e instalación, incluso en actividades previas como el retiro de la formaleta y el curado, debe ser tal que no se produzcan esfuerzos mayores a los considerados

en el diseño para esta condición de servicio, y así evitar fisuras, roturas, descascamientos o cualquier otro tipo de daño.

Se debe procurar que los elementos que lleguen a la obra sean izados desde el camión en el menor tiempo posible. Si la actividad así lo requiere, se debe almacenar un número suficiente de prefabricados para garantizar la continuidad del montaje.

Durante cualquier operación de manipulación de los prefabricados, estos deben ser cargados o suspendidos en no menos de dos (2) puntos, según lo indicado en los planos aprobados del proyecto. La ubicación y cantidad de estos puntos de apoyo se deben considerar desde la etapa de diseño de cada pieza. Ninguna operación debe comprometer la integridad estructural de los prefabricados ni causar esfuerzos de tensión excesivos.

El interventor debe verificar el cumplimiento de estas condiciones. No se deben realizar operaciones de izado o montaje si las condiciones climáticas son desfavorables, o si la velocidad del viento supera treinta y cinco kilómetros por hora (35 km/h).

El transporte de los prefabricados, desde el sitio de fabricación hasta la obra, solamente se puede ejecutar cuando el concreto haya alcanzado por lo menos un ochenta por ciento (80 %) de la resistencia mínima a la compresión especificada a los veintiocho (28) días, a menos que los documentos del proyecto indiquen una resistencia mayor.

No obstante, se debe verificar que, para ese nivel de resistencia del concreto, las solicitudes debidas a la manipulación no generen agrietamientos o afecten el comportamiento en servicio de los elementos prefabricados.

De ser necesario almacenar los elementos prefabricados en varios niveles (apilamiento), se debe garantizar que la ubicación de estos y de los soportes empleados sea la correcta, para evitar el deterioro de las piezas por

solicitaciones no consideradas en su diseño.

Se debe disponer de un espacio suficiente, protecciones y elementos de soporte adecuados para evitar daños en los prefabricados en el proceso de acopio y durante el tiempo en que estén almacenados.

Se recomienda seguir las disposiciones pertinentes de las normas ASME B30, para la inspección, control y operación de los equipos y elementos de izado.

633.4.5 Instalación de los prefabricados

Los prefabricados sólo pueden ser instalados por autorización del interventor, una vez se verifique que esta actividad no genera sobreesfuerzos ni cualquier otro tipo de daño sobre estos o en alguna de las partes que los conforman, ni en las estructuras o apoyos sobre los cuales se instalan. Previamente, se debe preparar la zona de instalación o los elementos receptores, verificando que se encuentren nivelados, compactados, con la resistencia adecuada, limpios y totalmente dispuestos para el montaje del prefabricado. En el caso de que un elemento prefabricado resulte dañado por cualquier procedimiento inadecuado, durante la manipulación o instalación, debe ser rechazado, y debe ser sustituido por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

El constructor debe ejecutar el montaje o instalación de los elementos prefabricados, sus conexiones y juntas, donde aplique, mediante los procedimientos descritos en el programa de trabajo (plan de instalación), de acuerdo con los planos de construcción aprobados y bajo la dirección o asesoría permanente de un especialista en esta clase de trabajos. Cualquier modificación en estos procedimientos requiere de la aprobación del interventor.

Para la ubicación del equipo de montaje, antes de realizar cualquier maniobra, el operario

debe revisar las condiciones del terreno, asegurándose de que este sea estable, sin presencia de agua, y se encuentre nivelado para ubicar el vehículo y sus apoyos. Además, se debe verificar que el suelo sea capaz de soportar las presiones transmitidas por el peso de los elementos por izar, de lo contrario, se debe revisar la posibilidad de usar elementos para la distribución de la carga debajo de los estabilizadores o apoyos del equipo. El equipo debe contar con los elementos necesarios para la distribución de la carga que permitan disminuir la presión transmitida al suelo de apoyo.

En el caso de que el terreno donde se requiera apoyar el equipo de montaje sea pendiente se puede adecuar con la colocación de durmientes en la zona de apoyo, verificando que esto no afecte la estabilidad ni la seguridad de las maniobras.

Antes del izado de una carga se debe verificar el peso de esta, la capacidad de la grúa, el radio de giro, el alcance del brazo de carga y la capacidad de los elementos empleados para levantar y sostener la carga. No se puede levantar una carga si el peso de esta supera la capacidad de los elementos de izado en su conjunto.

Se recomienda que equipos como plumas o grúas no levanten más del ochenta por ciento (80%) de su capacidad.

Si durante los procesos de izado o montaje se presentan condiciones climatológicas adversas, como vientos fuertes o tormentas eléctricas, se deben suspender inmediatamente los trabajos.

La primera posición de la grúa o equipo de montaje se debe definir de acuerdo con el sitio de ubicación del prefabricado (desde el camión o sitio de almacenamiento). La instalación de los prefabricados se debe realizar directamente sobre el sitio de disposición final (considerando la posición o profundidad de instalación), desplazando la grúa o equipo

con cada elemento por instalar, respetando los radios de giro y verificando la posición de la carga. Todo el procedimiento debe ejecutarse según lo indicado en el plan de instalación. Por seguridad, se debe solicitar el cierre de la zona de intervención o desalojo total del radio de giro durante el tiempo del montaje, a menos que el interventor indique lo contrario.

Una vez el prefabricado esté debidamente instalado, en la posición indicada en el proyecto, estén aprobados los niveles y la verticalidad, se puede proceder a liberar el elemento de los soportes o ganchos del equipo de montaje.

El constructor debe llevar un registro de la instalación de los prefabricados que indique el tipo de elemento instalado, su posición y ubicación en la estructura, edad y resistencia a la compresión, fecha de instalación, las observaciones a que haya lugar debidas al montaje y demás información que solicite el interventor. Este registro debe facilitar la identificación los elementos instalados y la verificación de su estado en cualquier momento del proyecto.

Se deben evitar las cargas prematuras sobre los elementos prefabricados, en sus apoyos o demás partes de la estructura.

El constructor debe retirar sin costo adicional para INVIAS los elementos, dispositivos, equipos o soportes adicionales que hayan sido necesarios para la instalación de los prefabricados.

Los trabajos de manipulación, transporte e instalación de los prefabricados presentan riesgos de operación que deben ser considerados por el constructor. El personal empleado en estas actividades debe demostrar su idoneidad, acreditando experiencia en trabajos similares. El personal debe utilizar correctamente los elementos de protección personal reglamentados para estas labores. El interventor puede ordenar la suspensión de los trabajos si el constructor no atiende estos requerimientos o lo establecido en el plan de seguridad.

633.4.6 Manejo ambiental

Las actividades de fabricación, transporte e instalación de los prefabricados deben ejecutarse considerando lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto, las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales. Adicionalmente se deben tener en cuenta los aspectos generales pertinentes indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales.

Las actividades que se ejecuten para dar cumplimiento a esta especificación, respecto de los requisitos ambientales, deben estar incluidas en los costos del proyecto, por lo tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

El manejo de los residuos debe cumplir con los requisitos legales ambientales vigentes, realizando todos los estudios, trámites, procedimientos y actividades en obra que sean necesarios para cumplir con la normatividad ambiental. Se debe entregar al interventor la documentación de la gestión ambiental.

633.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

633.5.1 Controles

El constructor durante la ejecución de los trabajos debe realizar los siguientes controles principales con la supervisión y aprobación del interventor:

- Comprobar permanentemente, mediante ensayos, que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la presente especificación.
- Comprobar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar permanentemente el estado

y funcionamiento de los equipos de construcción y de la maquinaria y vehículos empleados en las operaciones de transporte e instalación. Se debe verificar la calibración de los equipos o dispositivos de medición o de aplicación de cargas.

- Tomar muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia mediante ensayos, de acuerdo con el programa de control de calidad aprobado por el interventor.
- Supervisar la correcta aplicación de los procedimientos de trabajo aprobados.
- Realizar mediciones para verificar las dimensiones de los elementos prefabricados y el cumplimiento de las especificaciones del diseño.
- Verificar el cumplimiento del plan de seguridad en la ejecución de todas las actividades.
- Verificar las rutas para el transporte de los elementos prefabricados hasta el sitio de la obra, de acuerdo con el plan de transporte y los permisos de circulación.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales requeridas para todas las actividades por ejecutar.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra satisfactoriamente ejecutadas e instaladas, de acuerdo con la presente especificación.

Adicionalmente, el interventor, debe adelantar los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación y cumplimiento del programa de trabajo por parte del constructor.

- Verificar que el constructor emplee el equipo aprobado para el proyecto.
- Exigir al constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras aledañas a las zonas de trabajo.
- Ordenar los ensayos y pruebas que sean necesarios para comprobar la calidad de los materiales, la resistencia de los prefabricados, sus partes, juntas o conexiones y la capacidad de carga de los elementos instalados.
- Verificar que la forma de los prefabricados corresponda estrictamente a la indicada en los planos de construcción y que las dimensiones no difieran de las señaladas en los planos por encima de las tolerancias indicadas en los documentos del proyecto.
- Verificar la instalación de los prefabricados, sus conexiones o juntas, según los documentos del proyecto.

Respecto de los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el control de calidad de los materiales y del concreto, se deben cumplir los requisitos pertinentes del numeral 630.5, del artículo 630.

633.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

633.5.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla y de los productos de curado

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados, aditivos y productos de curado, se debe aplicar lo pertinente del artículo 630.

633.5.2.2 Calidad de la mezcla

Se deben cumplir los requisitos para el control de calidad del concreto especificados en el numeral 630.5.2, del artículo 630, respecto

de la durabilidad, clase de concreto, curado y otros que el interventor solicite, además de los requisitos para control de calidad de la mezcla.

633.5.2.2.1 Dosificación

Respecto de la dosificación de la mezcla, se deben aplicar los requisitos indicados en el numeral 630.5.2.3, del artículo 630.

633.5.2.2.2 Consistencia

Respecto de la consistencia de la mezcla, se deben aplicar los requisitos indicados en el numeral 630.5.4, del artículo 630.

633.5.2.2.3 Resistencia

Las muestras de concreto para determinar la resistencia especificada a la compresión del concreto deben ser tomadas, elaboradas, curadas y ensayadas según las normas INV E-420/NTC 550 e INV E-410/NTC 673.

Las muestras para los ensayos de resistencia de cada tipo de concreto colocado en obra, se deben tomar por lo menos una (1) vez por cada día de trabajo o cada cuarenta metros cúbicos de concreto (40 m³) para los elementos prefabricados tipo box culvert. Para las prelosas prefabricadas por lo menos una (1) vez por cada día de trabajo, cada doscientos metros cuadrados (200 m²) o por cada grupo de cincuenta (50) unidades fabricadas.

En el caso de los elementos que conforman los puentes peatonales (columnas, pilas, rampas, cimentación, descansos, vigas, etc.) y de las vigas pretensadas, se deben tomar muestras para cada unidad de cada uno de los elementos que conforman el puente peatonal o por cada viga pretensada, o por lo menos una (1) vez por cada día de trabajo o cada cuarenta metros cúbicos de concreto (40 m³), como se indica en la Tabla 633-1.

En todos los casos, se deben tomar las muestras con el criterio que primero se cumpla.

Tabla 633-1. Criterios para la toma de muestras de la mezcla

Prefabricados	Descripción
Box culvert	Por lo menos una (1) vez al día o cada cuarenta metros cúbicos de concreto (40 m ³), lo que se cumpla primero.
Prelosas colaborantes	Por lo menos una (1) vez al día, cada doscientos metros cuadrados de concreto (200 m ²), o por cada grupo de cincuenta (50) prelosas prefabricadas, lo que se cumpla primero.
Puentes peatonales	Para cada elemento de un puente peatonal prefabricado (columnas, pilas, rampas, cimentación, descansos, vigas, etc.), o por lo menos una (1) vez al día o por cada cuarenta metros cúbicos de concreto (40 m ³), lo que se cumpla primero.
Vigas pretensadas	Para cada viga prefabricada, o por lo menos una (1) vez al día o por cada cuarenta metros cúbicos de concreto (40 m ³), lo que se cumpla primero.

Se deben tomar muestras suficientes para determinar la resistencia del concreto a las edades de siete (7) días y veintiocho (28) días, y considerando la posibilidad de que sea necesario descartar algunos cilindros individuales con resistencia fuera del rango permitido.

La resistencia del concreto en cada una de las edades indicadas debe ser evaluada con fines de aceptación o rechazo de acuerdo con lo pertinente, indicado en el numeral 630.5.2.9.

Si no se cumple con los requisitos de resistencia, el interventor debe revisar los elementos prefabricados vaciados con el concreto representado por dichas mezclas para detectar las zonas más débiles y debe requerir al constructor para que tome a su costa núcleos en tales zonas de acuerdo con la norma INV E-418/NTC 3658, y realice las reparaciones a que haya lugar para garantizar la integridad del elemento y de la estructura.

El interventor puede solicitar, de acuerdo con su criterio o si las condiciones particulares del proyecto así lo requieren, un mayor número de muestras.

633.5.2.3 Acero de refuerzo y de preesfuerzo

No se debe aceptar ninguna tolerancia en relación con la calidad de los aceros, materiales de los ductos y sus accesorios según lo establecido en los artículos 640 y 641 para acero de refuerzo y de preesfuerzo, respectivamente.

En relación con la colocación de las armaduras se aceptan las tolerancias indicadas en los numerales 640.5.2.2, 641.5.2.5 y 641.5.2.6. En relación con el tensionamiento del acero de preesfuerzo se aceptan las tolerancias indicadas en el numeral 641.5.2.7. El uso de mallas electrosoldadas debe contar con la aprobación del interventor.

En los documentos del proyecto se debe demostrar que, en caso de usar acero trefilado, se cumplen con las hipótesis de diseño para el concreto reforzado, y que este tipo de refuerzo no afecta el desempeño sísmico del elemento estructural o su modo de falla. En el diseño estructural se debe tener en cuenta la reducida capacidad de deformación de los alambres trefilados que conforman las mallas, si es el caso, en comparación con el comportamiento dúctil del refuerzo convencional.

El constructor debe presentar certificaciones periódicas originales de los fabricantes o de los proveedores del acero, en las cuáles se demuestre el cumplimiento de las propiedades mecánicas y calidad del refuerzo. Ninguna certificación puede tener una antigüedad superior a treinta (30) días. No obstante, de acuerdo con los artículos 640 y 641, según lo establecido en el reglamento NSR, deben tomarse y ensayarse muestras de los aceros de refuerzo empleados para la construcción de los prefabricados, de todos los diámetros y tipos, por lo menos una vez por cada doscientas toneladas (200 t) de acero de refuerzo utilizado cuando se trate de aceros de fabricación nacional, y cada cien toneladas (100 t) de acero de refuerzo utilizado cuando se trate de aceros importados. Los ensayos se deben realizar de acuerdo con lo especificado en las normas técnicas indicadas en los artículos 640 y 641, según el tipo de acero.

633.5.2.4 Aceptación de los prefabricados

Los elementos prefabricados se aceptan para su instalación, únicamente si cumplen con las dimensiones, tolerancias y características especificadas en los documentos del proyecto, con los requisitos de calidad establecidos anteriormente, y con lo indicado en el numeral 630.5.3, del artículo 630. Las superficies deben ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.

En el caso de los box culvert, se debe garantizar el correcto funcionamiento de las juntas entre secciones. Para estos elementos se debe cumplir lo requerido en la NTC 5672 respecto de la instalación, juntas, tolerancias, y aceptación del prefabricado. La superficie superior de las prelosas colaborantes deben ser rugosas. Estos elementos deben contar con conectores de cortante debidamente diseñados. La eficiencia de estos conectores debe ser comprobada mediante pruebas de carga y deben contar con la aprobación del

interventor. En el caso de las vigas y puentes peatonales se debe garantizar el correcto funcionamiento de las conexiones entre las partes y demás sistemas de seguridad estructural y de funcionamiento de la estructura. Los refuerzos de espera o armaduras que queden expuestos para concretos de segunda etapa deben ser debidamente protegidos para evitar la corrosión o su deterioro.

Los prefabricados que no cumplan con los requisitos de calidad, presenten desperfectos superficiales que afecten su desempeño o durabilidad, deformaciones, deficiencias en sus dimensiones, grietas o señales de haber sido averiados durante su manipulación, pueden ser rechazados por el interventor. En todo caso se debe garantizar la integridad estructural del elemento y su durabilidad. El acabado de las superficies de concreto, las juntas y demás requisitos pertinentes para la aceptación de los prefabricados debe cumplir lo indicado en el numeral 630.4 del artículo 630 y en los documentos del proyecto.

633.5.2.5 Transporte e instalación

Se debe aceptar como elemento prefabricado suministrado e instalado, únicamente aquellos colocados en su posición definitiva de acuerdo con los documentos del proyecto y los procedimientos aprobados por el interventor para las operaciones de izado, transporte e instalación. Lo anterior, cumpliendo los requisitos y tolerancias establecidos en la presente especificación.

Todos los trabajos que no se ajusten a lo especificado en el presente artículo, deben ser corregidos por el constructor, sin costo adicional para INVIAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y a plena satisfacción de este.

633.5.2.6 Pruebas de carga

Cuando los documentos del proyecto lo contemplen o a juicio del interventor haya

necesidad de comprobar el comportamiento de los prefabricados, principalmente en vigas, en los elementos de puentes peatonales o en sus conexiones, se deben efectuar ensayos de carga. Los tipos de prueba deben ser los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el interventor.

633.6 Medida

633.6.1 Suministro de elemento prefabricado de concreto

La unidad de medida para el suministro de elementos prefabricados de concreto estructural (box culvert, prelosas, puentes peatonales y vigas pretensadas) debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de elemento prefabricado suministrado con las características especificadas en los documentos del proyecto y debidamente aprobado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen de concreto se determina como el producto de la longitud horizontal del elemento prefabricado por el área de su sección transversal o en el caso de las prelosas colaborantes, como el producto del área en planta del elemento por su espesor. Las dimensiones de la sección transversal y el espesor deben ser los especificados en los documentos del proyecto.

No se debe medir, para fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto. De los volúmenes calculados se deben deducir los correspondientes a las tuberías de drenaje, elementos de acero u otros embebidos, no se deduce el volumen ocupado por el acero de refuerzo y de preesfuerzo.

En la medida se incluyen los elementos prefabricados empleados en las pruebas de carga,

definidas en los documentos del proyecto o ejecutadas por solicitud del interventor, así estos elementos no queden incorporados en la estructura.

633.6.2 Acero de refuerzo

La unidad de medida para el acero de refuerzo debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero de refuerzo realmente suministrado y colocado en el elemento prefabricado de acuerdo con los documentos del proyecto y debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida no debe incluir el peso de soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su posición, ni las longitudes de empalme adicionales a las indicadas en los documentos del proyecto. Si se reemplazan barras de refuerzo, por solicitud del constructor y aprobación del interventor y como resultado de esto se suministra una mayor cantidad de acero que el especificado, no se debe incluir en la medida la cantidad adicional.

La medida para las barras de refuerzo se debe basar en la masa calculada para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando las masas unitarias indicadas en el numeral 640.2.3, del artículo 640. La medida para las mallas de alambre, cuyo uso esté debidamente sustentado en los documentos del proyecto, debe ser el producto del área en metros cuadrados de malla efectivamente incorporada en el elemento prefabricado por su masa real en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2), aproximado al kilogramo entero. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir cantidades en exceso de

las indicadas en los documentos del proyecto o las ordenadas por el interventor.

633.6.3 Acero de preesfuerzo

La unidad de medida del acero de preesfuerzo debe ser la tonelada fuerza-metro (tf-m) efectiva, medida en el centro de la luz, o el kilogramo (kg) de refuerzo, suministrado y correctamente instalado y tensado en el elemento prefabricado de acuerdo con los documentos del proyecto, y debidamente aceptado por el interventor.

La cantidad de toneladas fuerza-metro (tf-m) efectivas se debe precisar multiplicando el número de metros lineales de cable aproximados al centímetro (cm), por el número de toneladas fuerza (tf) efectivas en el centro de la luz. A su vez, el número de toneladas fuerza (tf) efectivas en el centro de la luz se debe determinar con aproximación a la décima (0,1).

Si la medida se realiza por kilogramos (kg), esta se debe efectuar con aproximación al entero.

En todos los casos, el resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método del redondeo de la norma INV E-823.

633.6.4 Transporte de elementos prefabricados de concreto

La unidad de medida para el transporte de elementos prefabricados de concreto debe ser el kilogramo-kilómetro (kg-km), aproximado a la décima (0,1), de elemento debidamente trasladado hasta el sitio de instalación y recibido a satisfacción por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

633.6.5 Instalación de elementos prefabricados de concreto

La unidad de medida para el montaje o instalación de elementos prefabricados de concreto debe ser el kilogramo (kg), aproximado a la décima (0,1), de elemento debidamente instalado y recibido a satisfacción por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

633.6.6 Pruebas de carga

Las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del interventor se deben pagar por unidad (u). Si las pruebas se realizan por solicitud del constructor, no se deben medir ni deben tener compensación alguna.

Las pruebas de carga realizadas por dudas en la calidad de los elementos prefabricados no se deben medir ni pagar.

633.7 Forma de pago

633.7 .1 Suministro de elemento prefabricado de concreto

El pago del suministro de elementos prefabricados de concreto se debe realizar respecto a los precios unitarios del contrato y por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto y aceptada a satisfacción por el interventor.

El precio unitario de cada elemento prefabricado suministrado debe incluir los costos de todos los materiales y elementos empleados en su fabricación, tales como el concreto, la formaleta, obra falsa, equipos, insertos, juntas, sellos, conexiones, etc., según las dimensiones y características especificadas en los documentos del proyecto. Se exceptúa el costo del acero de refuerzo y de presfuerzo.

Se deben incluir los costos de fabricación, curado, desperdicios y ensayos de control de calidad realizados a los materiales.

En general, se deben incluir todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos para la producción y suministro de los prefabricados.

Para efectos de pago de los elementos prefabricados se debe discriminar el volumen de concreto del elemento y el peso del refuerzo empleados en su fabricación, de acuerdo con lo establecido en 633.6.

El precio unitario debe incluir los costos de administración, imprevistos y utilidad del constructor.

Se deben medir por aparte para efecto de pago, las excavaciones, los rellenos requeridos para la preparación de fundaciones, los rellenos laterales y el suministro e instalación de geotextiles si se requieren.

633.7.2 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo se debe pagar de acuerdo con el artículo 640.

633.7.3 Acero de preesfuerzo

El acero de preesfuerzo se debe pagar de acuerdo con el artículo 641.

633.7.4 Transporte de elementos prefabricados de concreto

El precio unitario para el transporte de elementos prefabricados de concreto debe cubrir los costos por concepto de trasladar el elemento, aceptado por el interventor, del sitio de fabricación al lugar de instalación en la obra, y su almacenamiento, de ser necesario, de acuerdo con los requisitos establecidos en esta especificación y las indicaciones del interventor. Se deben incluir todos los costos asociados a las operaciones de cargue, manipulación, transporte y descargue. Se deben incluir los costos de los materiales, personal, equipos,

vehículos, trámites, permisos de circulación, escoltas, señalización, soportes, etc.

El costo del transporte se define dependiendo del sitio de producción de los elementos prefabricados. Estos pueden ser producidos en una planta por fuera de las instalaciones de la obra o en una planta localizada en la misma ubicación del sitio de instalación.

Si el constructor utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada en el programa de trabajo, el interventor debe tomar, para efectos de pago, la distancia más corta que se definió previamente.

El precio unitario incluye los costos de administración, imprevistos y utilidad del constructor.

633.7.5 Instalación de elementos prefabricados de concreto

El precio unitario para el montaje o instalación de elementos prefabricados de concreto debe cubrir todos los costos de materiales, construcción de obra falsa, instalaciones temporales, equipos, mano de obra, andamios, soportes, etc., asociados a las operaciones de instalación del elemento prefabricado de acuerdo con los requisitos establecidos en esta especificación y las indicaciones del interventor.

Se deben incluir los costos por concepto de preparación de las superficies de apoyo de los equipos (suelos naturales o estructuras) y de los elementos receptores, y los costos de protección de las estructuras aledañas que puedan ser afectadas. Se debe definir el costo de acuerdo con el grado de dificultad del montaje, según la profundidad, altura y facilidad de acceso al sitio final de disposición del elemento prefabricado.

El precio unitario incluye los costos de administración, imprevistos y utilidad del constructor.

633.7.6 Pruebas de carga

El precio unitario de las pruebas de carga debe incluir todos los costos de mano de obra, equipo, instrumentación y materiales requeridos para su correcta ejecución. Para reconocer el pago de las pruebas de carga se requiere que

estas se encuentren contempladas en los documentos del proyecto o sean solicitadas por el interventor.

El precio unitario prevé los costos de administración, imprevistos y utilidad del constructor.

633.8 ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
633.1	Suministro de elemento prefabricado de concreto, tipo _____ (no incluye refuerzo)	Metro cúbico (m³)
633.2	Acero de refuerzo fy = _____ MPa	Kilogramo (kg)
633.3	Acero de preesfuerzo	Tonelada fuerza-metro (tf-m)
633.4	Acero de preesfuerzo	Kilogramo (kg)
633.5	Transporte de elementos prefabricados de concreto	Kilogramo kilómetro (kg-km)
633.6	Instalación de elementos prefabricados de concreto	Kilogramo (kg)
633.7	Prueba de carga tipo _____	Unidad (u)

Nota: Se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de elemento prefabricado, de acuerdo con sus características y tipo de concreto especificados, y por cada tipo de prueba de carga que contemplen los documentos del proyecto o solicite el interventor.