

## MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECÁNICAMENTE CON PANELES DE CONCRETO

### ARTÍCULO 680 – 13

#### 680.1 DESCRIPCIÓN

---

Este trabajo consiste en la construcción de rellenos con material granular recubiertos con paneles de concreto, sostenidos con armaduras metálicas, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

#### 680.2 MATERIALES

---

##### 680.2.1 Paneles de concreto

El concreto para la construcción de los paneles será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto estructural". Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 28 MPa a 28 días. Los paneles estarán reforzados con barras de acero, que cumplan los requisitos del Artículo 640, "Acero de refuerzo".

La forma y las dimensiones de los paneles, así como la cuantía del refuerzo, serán las indicadas en los planos de construcción.

Los paneles deberán disponer de sistemas de espigos y tubos para su entrelazamiento, así como de arranques de armaduras sobre las cuales se atornillarán éstas y un sistema de levantamiento que permita su izada en posición vertical durante su colocación.

Las juntas verticales de los paneles deberán tener un empaque consistente en una cinta de poliuretano y en las juntas horizontales se podrán dar apoyos de neopreno que sirvan de apoyo al panel superior.

##### 680.2.2 Armadura y tornillería

Las armaduras serán de acero, calidad A-663 ASTM, laminado en caliente, provisto de un recubrimiento de zinc por galvanizado en caliente, dotadas

en ambas caras de estrías transversales. Estarán constituidas por elementos lineales de la sección y la longitud indicadas en los planos o modificadas por el Interventor. Los tornillos serán de alta resistencia, calidad 8.8, norma DIN 933, diámetro de doce milímetros (12 mm), de cabeza hexagonal, con acabado singado, provistos de tuercas.

Las armaduras se deberán enviar a la obra preparadas para su uso, es decir, cortadas a la medida y perforadas en su extremidad para atornillarlas a los arranques metálicos que salen de los paneles.

### 680.2.3 Concreto para solera

El concreto de la solera será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, "Concreto estructural". Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, tendrá una resistencia mínima a la compresión de 14 MPa a 28 días.

### 680.2.4 Relleno

Los documentos del proyecto definirán los requisitos que deberá cumplir el material de relleno, el cual podrá ser: material granular tipo SBG (Artículo 610, numeral 610.2.3), material granular tipo BG (Artículo 610, numeral 610.2.3), o un material de características diferentes, definidas en los documentos del proyecto.

Los materiales de relleno deberán cumplir, también, las propiedades electroquímicas que se indican en la Tabla 680 – 1.

El pH del material de relleno, determinado según la (norma de ensayo INV E-131, deberá estar entre 5.0 y 9.0.

Tabla 680 - 1. Propiedades electroquímicas de los materiales de relleno

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Resistividad	AASHTO T 288	> 3000 ohm-cm
pH	AASHTO T 289	5 a 10
Cloruros	ASTM D 4327	< 100 PPM
Sulfatos	ASTM D 4327	< 200 PPM
Contenido de material orgánica	AASHTO T 267	≤ 1 %

### 680.3 EQUIPO

---

Al respecto, rige todo lo que sea aplicable del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural”.

Las formaletas o moldes para la fabricación de los paneles serán metálicos, con acceso para el vibrado de concreto.

Se requiere, además, equipo para la explotación, procesamiento, extensión, humedecimiento, conformación y compactación del material de relleno, así como vehículos para el transporte de todos los elementos constitutivos de la tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto, sin procesar o procesados.

También, se deberá disponer de equipo para el izado y la colocación de los paneles de concreto, y los elementos auxiliares requeridos para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

### 680.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

---

#### 680.4.1 Fabricación de los paneles

##### 680.4.1.1 Generalidades

La fabricación de los paneles se hará de acuerdo con las partes pertinentes de los Artículos 630, “Concreto estructural” y 640, “Acero de refuerzo”. Los materiales y procedimientos empleados en la fabricación deberán contar con la aprobación previa del Interventor y estarán sujetos a su inspección durante la ejecución de los trabajos; deberán permitir la producción de una manera ordenada, que garantice la obtención de un producto de características uniformes, de acuerdo con los diseños y dentro de las especificaciones. La zona de trabajo deberá ser adecuada para el desarrollo de todas las operaciones. El Interventor podrá exigir todos los cambios que considere necesarios para cumplir estos preceptos.

##### 680.4.1.2 Elaboración

El Interventor sólo autorizará la colocación del concreto, cuando haya aprobado la correcta colocación del refuerzo.

El vaciado del concreto para cada panel deberá ser continuo hasta su terminación y el vibrado posterior se deberá efectuar empleando procedimientos adecuados que no produzcan segregación de los agregados, ni desplacen el acero de refuerzo o las formaletas.

#### **680.4.2 Descarga y almacenamiento de los paneles**

Los paneles se deberán descargar y manipular por medio de los arranques de armaduras.

Se deberán almacenar sobre una superficie plana, con el paramento hacia abajo, en filas de cinco (5) paneles, como máximo.

El panel inferior de cada fila se deberá proteger del contacto con el suelo por medio de tabloncillos puestos de canto u otro sistema autorizado por el Interventor. Durante estas operaciones se deberá tener cuidado de no doblar los arranques de las armaduras. Los paneles sólo se podrán instalar luego de veintiocho (28) días de su fabricación.

#### **680.4.3 Solera de asiento**

Los paneles de la fila inferior se deberán apoyar sobre el suelo por medio de una solera de concreto simple, con resistencia mínima a compresión de 14 MPa a los 28 días; esta solera tendrá, como mínimo, treinta y cinco centímetros (35 cm) de ancho por quince centímetros (15 cm) de altura y deberá ser perfectamente nivelada y alisada.

#### **680.4.4 Montaje de los paneles y colocación del relleno**

El montaje de los paneles se efectuará por filas horizontales sucesivas, sobre toda la longitud de la obra. Los paneles de la primera fila se apoyarán directamente sobre la solera de asiento; su colocación comenzará con paneles de media altura entre los cuales se intercalarán paneles enteros.

Antes de efectuar el relleno, todos los paneles de la primera fila deberán ser calzados para que no se produzca ningún movimiento mientras se efectúa el relleno. Además, los paneles deberán mantenerse con puntales al lado opuesto del relleno, los cuales se podrán retirar cuando éste haya

cubierto un metro y medio (1.50 m) de altura o cuando lo indique el Interventor.

El relleno detrás de los paneles se deberá efectuar por capas, extendiendo el material de forma paralela a la fila de los paneles. Los niveles superiores de estas capas deberán corresponder a la parte alta de los paneles enteros y al nivel de las capas de armaduras.

El material deberá ser humedecido o aireado según se precise y luego se compactará, evitando la acción de compactadores pesados a menos de un metro (1.0 m) del paramento, para prevenir el desplazamiento de los paneles. En dicha zona, la compactación se realizará empleando máquinas accionadas manualmente.

El montaje de una nueva fila de paneles sólo se podrá iniciar cuando el relleno haya sido construido en toda la altura de la anterior. Este montaje deberá comenzar por los espacios entre los paneles de la fila inferior.

La última fila del macizo llevará, también, paneles de media altura.

#### **680.4.5 Colocación de las armaduras**

Las armaduras se colocarán perpendicularmente al paramento, en capas horizontales y sujetas a los paneles mediante tornillos de fijación.

El relleno deberá estar cuidadosamente nivelado, para que la armadura se apoye completamente sobre su superficie.

#### **680.4.6 Limpieza final**

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

#### **680.4.7 Limitaciones en la ejecución**

No se podrán ejecutar los trabajos de tierra mecánicamente estabilizada en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de la tierra mecánicamente estabilizada se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### **680.4.8 Manejo ambiental**

Todas las labores de ejecución de obras de tierra mecánicamente estabilizada se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### **680.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

---

#### **680.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por esta especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la elaboración de las mezclas de hormigón.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de las mezclas.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.

- Verificar que el alineamiento, pendiente, sección y acabado de los paneles cumplan los requerimientos de los planos del proyecto.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

## **680.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

### **680.5.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla de concreto y de los productos de curado**

En lo referente a la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios del Artículo 630, “Concreto estructural”, numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente.

### **680.5.2.2 Calidad de las mezclas**

#### **680.5.2.2.1 Dosificación**

Al respecto, se aplican los criterios del Artículo 630, numeral 630.5.2.5.1.

#### **680.5.2.2.2 Consistencia**

Al respecto, se aplica los criterios del Artículo 630, numeral 630.5.2.5.2.

#### **680.5.2.2.3 Resistencia de las mezclas**

En relación con el concreto utilizado para elaborar los paneles, se tomarán al azar muestras para fabricar tres (3) cilindros por cada “lote”.

Se entenderá por “lote”, veinticinco (25) paneles prefabricados o los elaborados en una jornada de trabajo, lo que resulte menor.

Las muestras se tomarán según el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-401. Con ellas se elaborarán y curarán cilindros, conforme se

establece en la norma INV E-402, los cuales se romperán por compresión a los veintiocho (28) días, de acuerdo con la norma de ensayo INV E- 410.

El promedio de las resistencias de estos cilindros elaborados y rotos simultáneamente, se tomará como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto se considerará satisfactoria, si ningún ensayo presenta una resistencia inferior a la especificada en más de tres con cinco megapascals (3.5 MPa) y, simultáneamente, el promedio de tres (3) ensayos consecutivos iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si una o las dos exigencias recién descritas no se cumplen, se rechazarán los paneles representados por dicho cilindros.

En lo que respecta al concreto para la solera de asiento, el Interventor determinará el número de cilindros por elaborar, cuyo promedio de resistencias deberá ser, como mínimo, el especificado en los planos.

#### **680.5.2.3 Refuerzo de los paneles**

El Interventor no aceptará ninguna tolerancia en relación con la calidad establecida para el acero en el numeral 640.2 del Artículo 640, "Acero de refuerzo".

En relación con la colocación de las armaduras, se aceptarán las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2 del mismo Artículo.

#### **680.5.2.4 Aceptación de los paneles**

Los paneles solamente serán aceptados para su colocación, si cumplen con las dimensiones del diseño y demás requisitos establecidos en esta especificación y en las particulares del contrato. Sus superficies deberán ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.



Todos los paneles que presenten defectos en la superficie a la vista o señales de haber sido averiados durante su manejo, serán rechazados por el Interventor.

#### **680.5.2.5 Armaduras y tornillería**

No habrá ninguna tolerancia en relación con los requisitos establecidos en el numeral 680.2.2 para las armaduras y tornillería.

#### **680.5.2.6 Relleno**

La calidad del material de relleno se evaluará en función de las características del mismo y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 680.2.4.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el porcentaje de compactación será, como mínimo, del 95 % de la densidad seca máxima de acuerdo con la norma INV-E 142, efectuando, de ser necesaria, la corrección por la presencia de partículas gruesas de acuerdo con la norma INV-E 143.

#### **680.5.2.7 Calidad del producto terminado**

La superficie a la vista del muro de tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto no podrá presentar irregularidades que sean notorias, a juicio del Interventor.

En lo que respecta a las dimensiones del muro y su localización en planta, se aceptarán las tolerancias que resulten pertinentes del Artículo 630, numerales 630.5.2.6.1 y 630.5.2.6.2.

Toda obra ejecutada donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Interventor, y a plena satisfacción de éste.

## **680.6 MEDIDA**

---

### **680.6.1 Paneles en concreto**

La unidad de medida de los paneles en concreto será el metro cuadrado ( $m^2$ ), aproximado al décimo de metro cuadrado, de paneles realmente suministrados, colocados y terminados, debidamente aceptados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se determinará multiplicando el área de un panel completo y uno de media altura por el número de paneles de cada clase aceptados por el Interventor. El área total será la suma de las dos multiplicaciones.

### **680.6.2 Armadura**

La unidad de medida de la armadura será el metro lineal (m), aproximado a la centésima de metro, de acero galvanizado, incluyendo empalmes, suministro y colocación de acuerdo con los planos y la presente especificación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La longitud se determinará sobre la armadura colocada y aprobada por el Interventor.

### **680.6.3 Relleno**

La unidad de medida del relleno granular será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado al metro cúbico completo, de material suministrado, colocado y terminado de acuerdo con los planos y debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes serán determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas estarán limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los planos o autorizadas por el Interventor.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor, ni el concreto utilizado para la solera de asiento.

## **680.7 FORMA DE PAGO**

---

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los planos, esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

### **680.7.1 Paneles en concreto**

El precio unitario deberá cubrir los costos de todos los materiales empleados en la fabricación de los paneles con las dimensiones especificadas, incluyendo formaletas o moldes, el acero de refuerzo, los espigos y tubos para entrelazamiento, los arranques de armaduras, los materiales para las juntas y su colocación; la elaboración de la mezcla de fabricación de los paneles de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor; los equipos, la mano de obra y los accesorios requeridos; patentes, transporte, almacenamiento, desperdicios, colocación de los paneles y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos.

Deberá incluir, así mismo, los costos de materiales, elaboración, transporte y colocación en el lugar indicado por el Interventor, del concreto para la solera de asiento; así como los costos de señalización preventiva de la vía y el eventual ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### **680.7.2 Armadura galvanizada**

El precio unitario deberá cubrir todos los costos que se deriven del suministro de las platinas galvanizadas, incluidas las patentes, los tornillos de unión, tuercas y otros materiales accesorios; el equipo y mano de obra requeridos; los cargues, transportes, descargues, instalación de las armaduras, desperdicios y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo objeto del pago.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### 680.7.3 Relleno granular para muros de tierra mecánicamente estabilizada

El precio unitario deberá cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, transportes, compactación y conformación del relleno granular para tierra mecánicamente estabilizada; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberán incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Si la superficie de apoyo del muro se debe preparar mediante una excavación, ésta se pagará con cargo al Artículo 600, "Excavaciones Varias".

### 680.8 ÍTEM DE PAGO

---

680.1	Paneles de concreto	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
680.2	Armadura galvanizada	Metro lineal (m)
680.3	Relleno granular para tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )