

Estabilización de taludes con sistema combinado de muro plástico y anclajes

Artículo 684 - 22

684.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de un sistema de contención que puede ser definido como una medida temporal o como diseño definitivo, que permite mediante el uso combinado de un muro plástico con instalación de anclajes en la cara del muro, permitiendo la transmisión de esfuerzos de forma adecuada, garantizando la contención de un talud de corte o terraplén.

En caso de colapso total de la calzada, el sistema reconstruye de manera total la vía mediante restitución de material de terraplén y reconformación posterior con la construcción de un sistema combinado, el cual requiere del uso de lodos bentoníticos como agente cementante de la pantalla flexible o muro plástico de retención y la contención de esta pantalla mediante anclajes inyectados con lechada de cemento, para mejorar las propiedades mecánicas del suelo y garantizar la transferencia de carga con la deformación controlada del terreno.

El sistema busca condiciones de estabilidad idóneas para cortes y rellenos que presenten algún tipo de inestabilidad geotécnica y requieran una intervención rápida, que garantice la puesta en servicio y/o restauración de operación, así como la disminución de los riesgos de ejecución de obra para los trabajadores, ya que al contar con una pantalla flexible se garantiza condiciones estables del corte temporal durante la ejecución del avance y la instalación de los anclajes.

El sistema es construido de arriba hacia abajo, permitiendo una rápida apertura en las vías de carreteras reduciendo al mínimo la interferencia con el tránsito vehicular.

684.2 Materiales

684.2.1 Agua

El agua que se requiera para la estabilización debe ser limpia, puede ser obtenida de lluvia, ríos, lagos u otros cuerpos de agua, siempre y cuando no contenga elementos contaminantes que puedan afectar el desempeño de los estabilizantes. Lo anterior debe ser comprobado con el diseño de la mezcla; idealmente, aunque no es obligatorio dada la accesibilidad a los ensayos, se pueden efectuar ensayos de pH (Norma ASTM D1293) y contenido de sulfatos (Norma ASTM D516).

684.2.2 Agua de mezclado

El agua para el mezclado y curado debe ser limpia y libre de sustancias que puedan ser dañinas a la mezcla.

- a) Detergentes: no debe contener.
- b) pH: debe ser igual o mayor que siete (7).

684.2.3 Arena

La arena debe especificarse con una granulometría que va de un tamaño de grano de cinco milímetros (5 mm) a fino. Puede usarse arena que no cumpla con la granulometría anterior, si las pruebas preliminares establecen que proporciona buenos resultados. Así mismo, la arena empleada para acabados, recubrimientos rápidos y ciertos usos especiales, puede ser más fina que la de esa granulometría, sin embargo, debe tenerse en cuenta, que las arenas más finas generalmente originan una contracción mayor por secado.

684.2.4 Gravilla

La gravilla debe especificarse con una granulometría parte de un tamaño de grano diez milímetros (10 mm) como mínimo, puede usarse gravilla que no cumpla con la granulometría anterior, si las pruebas preliminares establecen que proporciona buenos resultados.

684.2.5 Aditivos químicos

Los aditivos químicos no deben contener sulfatos. Debe tomarse en cuenta que con el uso de aditivos se obtiene una mezcla más oscura.

684.2.6 Lechada plástica

En la construcción del muro plástico se utiliza un mortero (cemento-agua-bentonita-arena) que se le adiciona bentonita, con la cual se crea una pantalla impermeable permanente, aumenta la plasticidad del cemento y estabiliza la resistencia mecánica.

684.2.6.1 Lodo bentonítico

Debe utilizarse bentonita hidratada (arcilla de origen natural) como lodo bentonítico; el tiempo de hidratación es de mínimo cinco (5) horas. Se permite su uso ya que está clasificado como sustancia no peligrosa, esta bentonita debe ser tener más del cincuenta por ciento (50 %) de óxido de sílice.

684.2.6.2 Cemento

Se debe usar Cemento Pórtland Ordinario (CPO); si la mezcla a utilizar está expuesta a suelo o agua freática que contengan elevadas concentraciones de sulfatos disueltos, debe usarse cementos resistentes a los sulfatos.

La magnitud de los trabajos debe ser definida de acuerdo al diseño de la obra, esta dependerá del volumen a estabilizar dado por los parámetros obtenidos de la mecánica de suelos y/o de la magnitud de la afectación de la calzada si esta estuviera completamente colapsada.

Tabla 684-1 Dosificaciones y propiedades lodo bentonítico

Material			Especificaciones		
			Densidad (g/cm ³)	Fluidez (s)	Compresión (kg/cm ²)
Lodo bentonítico			1,03 ± 0,02	33 ± 4,0	N/A
Material	Unidad	Cantidad			
Bentonita	kg	50			
Agua	L	1 000			

Tabla 684-2 Dosificaciones y resistencias mínimas a siete (07) días de curado de lechada plástica

Material			Especificaciones		
			Densidad (g/cm ³)	Fluidez (s)	Compresión (min) (kg/cm ²)
Lechada plástica			1,23 ± 0,04	37,5 ± 5,0	5,0
Material	Unidad	Cantidad			
Cemento	kg	500			
Lodo bentónico	L	1 000			
Agua	L	300			
Arena	m ³	0,91			

684.2.7 Lechada inyección

Para la inyección de anclajes se utiliza una lechada de cemento (cemento-agua) mezclada homogéneamente. En caso de ser necesario se agrega algún aditivo químico (que por lo regular se utiliza silicato). El silicato principalmente se utiliza para acelerar el tiempo de fraguado, aunque también mejora la rigidez de la mezcla.

El fin de la lechada de inyección es cubrir los espacios ocupados por el agua y/o aire que molecularmente integran el material del cual este constituido en talud, mejorando su estructura molecular, disminuyendo la permeabilidad e incrementando la resistencia del material existente logrando la consolidación global en la zona tratada.

Tabla 684-3 Dosificaciones y resistencias mínimas para lechada de inyección

Material			Especificaciones		
			Densidad (g/cm ³)	Fluidez (s)	Compresión (kg/cm ²)
Lechada de inyección			N/A	N/A	100
Material	Unidad	Cantidad			
Cemento	kg	50			
Agua	L	35			
Aditivo	(Nota)	(Nota)			

Nota: la cantidad de adición depende de las condiciones de la mezcla.

684.2.8 Concreto lanzado

La aplicación de lanzado utiliza un concreto (cemento-agua-gravilla) con un agregado que este en los límites entre fino y grueso, por tal motivo se recomienda emplear la gravilla, aunque si la arena es muy gruesa se puede utilizar.

El fin principal del concreto lanzado es proteger la pantalla plástica del intemperismo y de darle una apariencia aceptable al muro; además de mejorar la resistencia final de la pantalla impermeable.

Tabla 684-4 Dosificaciones y resistencias mínimas para concreto lanzado

Material			Especificaciones		
			Densidad (g/cm ³)	Fluidez (s)	Compresión (kg/cm ²)
Concreto Lanzado			N/A	N/A	150
Material	Unidad	Cantidad			
Cemento	kg	50			
Agua	L	30			
Arena o gravilla	m ³	0,166			

Nota: Las dosificaciones y resistencias son valores de referencia, estos valores deben ser establecidas según los criterios de diseño implementados en la ejecución del proyecto. La resistencia a los siete (7) días equivale como mínimo al sesenta por ciento (60 %) de la resistencia de diseño.

684.2.9 Anclajes

Las especificaciones de los anclajes debe estar elaboradas para su aplicabilidad según lo establecido en el proyecto y de la misma manera deben estar descritas en los planos; por lo general se utilizan anclajes de fricción y tensión con diferentes longitudes y resistencias acordes con los requerimientos del diseño.

684.2.10 Placa reacción

La placa de reacción para los anclajes debe ser de acero tipo estructural A-36 y $f'y = 2\ 530\text{ kg/cm}^2$; la placa debe considerar las siguientes dimensiones mínimas de veinticinco por veinticinco centímetros (25 cm x 25 cm) y una pulgada (1 Pulgada) de espesor para AT-20 y AF-20 y de treinta por treinta centímetros (30 cm x 30 cm) para AT-30 y AF-30.

684.2.11 Drenes

Drenes locales. Estos drenes deben estar diseñados según el proyecto y deben estar descritos en los planos. Son fabricados con tubos de PVC y/o poliducto y forrados con geotextil. Drenes sub-horizontales. Estos drenes deben estar diseñados según el proyecto y deben estar descritos en los planos. Son fabricados con tubos de PVC y forrados con geotextil.

En cualquier caso, los drenes deben cumplir con lo especificado en el artículo INV E- 674, Drenes horizontales en taludes y las condiciones de calidad establecida en el numeral 674.5.2.1.

684.3 Equipo

A continuación, se presenta la maquinaria típica utilizada. La capacidad de algunos equipos puede variar dependiendo de las condiciones iniciales del lugar de los trabajos, los rendimientos de los equipos también están ligados a las condiciones del suelo y las condiciones

topográficas del lugar. En climas extremos y/o tratamientos correctivos de fallas geológicas y en suelos inestables el rendimiento será menor a los rendimientos que se pueden observar en tratamientos preventivos.

Perforadora: Maquinaria de perforación tipo Casagrande C-6, C-4 o neumático tipo stenwick en casos de topografía complejas, incluye accesorios de perforación (barras, martillo, ademe etc.)

Excavadora: Retroexcavadora con brazo extensible utilizada en la conformación del terraplén de trabajo, la excavación del muro plástico con lechada autofraguante y la excavación para la formación de terrazas.

Compresor: Compresor de aire de capacidad mínima de setecientos cincuenta (750) cfm que en conjunto con el equipo de perforación debe ser utilizado para la colocación de anclajes y drenes. Incluye tubería y/o mangueras de alta presión.

Mezclador: Equipo turbo mezclador de altas revoluciones con capacidad mínima de trecientos litros (300 L) utilizado para el mezclado de cemento, agua y aditivo para la inyección de los anclajes.

Agitador: Equipo agitador de lechadas de bajas revoluciones, mantiene en suspensión la mezcla durante los trabajos de inyección.

Bomba de inyección: Equipo de inyección equipada con medidor de presión utilizado para la inyección de la lechada, incluye mangueras de alta presión y accesorios.

Equipo de lanzado: Maquinaria para el lanzado de concreto, utilizado para el tratamiento del muro plástico después de la excavación de terrazas.

Gato hidráulico: Para realizar el tensado de los anclajes se utiliza un gato hidráulico de capacidad de acuerdo al diseño de los anclajes.

Generador de energía: Equipo de combustión interna con capacidad mínima de ochenta kilovatios (80 kW) utilizado para la conexión del equipo eléctrico.

Bomba sumergible: Bomba de cuatro (4) pulgadas para preparación de lechada plástica y recirculación de agua.

Digestor de tres mil quinientos (3 500): Turbo mezclador de gran capacidad utilizado para la preparación de la lechada plástica para la construcción del muro.

El equipo a utilizar depende de la etapa constructiva del sistema, y comprende las siguientes etapas:

684.3.1 Equipo para la reconfiguración de calzada

Habilitado provisional de vía restringida y formación de plataforma de trabajo en zona del acotamiento.

El equipo a utilizar es el requerido para lograr la función y la calidad adecuada y en número suficiente para producir el volumen establecido en el programa de obra. Su selección es responsabilidad del contratista de obra y este debe mantenerlo en óptimas condiciones durante el desarrollo de la misma.

El equipo puede ser un tractor sobre orugas o similar, depende de la magnitud de la obra a estabilizar. Compactador de placa vibratoria: que proporcione fuerzas de compactación superiores. Estas unidades producen impulsos de alta potencia a una tasa de dos mil doscientos (2 200) impactos por minuto, las fuerzas generadas por esta vibración reúnen las partículas de suelo para compactaciones más sólidas y estables.

684.3.2 Equipo para la excavación de muro plástico

El constructor debe proponer para consideración del interventor los equipos más adecuados para las operaciones a realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar los cuales no deben producir daños innecesarios en zonas colindantes a la obra y debe garantizar el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

El constructor puede utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones incluyendo retroexcavadora para la zanja y retiro de material producto de la excavación, para la fabricación, almacenamiento y colocación de la lechada, es necesario bombas de inyección, bombas sumergibles, turbomezclador y disponer de contenedores para almacenamiento de agua, así mismo es indispensable contar con un generador eléctrico de una potencia igual o superior a cien kilovatios (100 kW).

684.3.3 Equipo para el suministro y colocación de concreto lanzado

Mezcladora de concreto: para la fabricación de la mezcla arena-cemento, se debe contar con lanzadora de concreto, la cual debe ser disponer de un compresor de aire para la aplicación del concreto lanzado.

684.3.4 Equipo para la perforación, suministro y colocación de anclajes

Para la perforación y colocación de anclajes se debe utilizar perforadora rotatoria, en el caso de la inyección de los anclajes se utiliza bomba de inyección, compresor, agitador de lechadas, turbo mezclador, generador de luz, planta de soldar, motogenerador, equipo de oxicorte, torno paralelo, para el caso de la perforación y colocación de drenes locales y de penetración se utiliza perforadora rotatoria y compresor.

684.3.5 Equipo para el cabezal de muro plástico

Se debe utilizar para la fabricación, almacenamiento y colocación de la lechada: bombas de inyección, bombas sumergibles, turbomezclador, contenedores para almacenamiento de agua y generador eléctrico de cien kilovatios (100 kW). La mezcladora de concreto se emplea para la fabricación de la mezcla arena-cemento y la lanzadora de concreto para la aplicación del concreto lanzado. Por último, el compresor de aire, para la aplicación del concreto lanzado.

684.3.6 Equipo para el tensado y protección

Utilización de gato hidráulico de al menos sesenta toneladas (60 t) para el tensado de los anclajes hasta su tensión de trabajo, así como planta de luz y de soldar para aplicar puntos de soldadura en tuercas, varilla y placas de anclajes para fijar y evitar el retiro de las placas.

684.3.7 Equipo para excavación para formación de terraza

El equipo a utilizar debe ser el pertinente para obtener la calidad adecuada y en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de obra. Su selección es responsabilidad del contratista de obra y este debe ser mantenerlo en óptimas condiciones durante el desarrollo de la obra.

684.3.8 Equipo para la conformación

El suelo estabilizado debe ser conformado de tal manera, que la vía cumpla con los peraltes y drenaje superficial establecido en el proyecto. Para la conformación de la calzada se puede utilizar una motoniveladora u otro equipo similar con chuchilla que permita lograr

una nivelación homogénea de la superficie. También pueden ser utilizadas técnicas manuales de conformación, de acuerdo con los manuales de mano de obra intensiva del CIDB (Construction Industry Development Board).

684.3.9 Equipo para la compactación

El suelo debe ser compactado para obtener la densidad y resistencia establecida en el proyecto. Pueden ser utilizados compactadores de rodillo liso, sencillo o doble, de operación manual o mecánica. Los equipos de operación mecánica, mínimo siete toneladas (7 t) permiten una compactación de capas de mayor espesor.

El uso de equipos de compactación manual limita el espesor a compactar, de tal manera que es necesario modificar el método constructivo para permitir la estabilización por capas no mayores a diez centímetros (10 cm).

684.4 Ejecución de los trabajos

Las especificaciones de construcción de este sistema de contención deben quedar detalladas en los planos constructivos.

684.4.1 Relleno para plataforma de trabajo

Se realiza en caso de ser necesario para recuperar el terraplén y/o crear una plataforma de trabajo, adicionando por gravedad un material y en su caso compactándolo en capas hasta recuperar una altura que permita construir el muro plástico.

Posteriormente deben servir para generar una plataforma de trabajo. En caso de zonas muy accidentadas se utiliza sistema de tabla-estacado. Al tratarse de un relleno temporal y cuya finalidad solamente es obtener una plataforma de trabajo uniforme para la construcción del sistema de contención, puede ser realizado en

suelo natural producto de excavación común.

684.4.2 Diseño de mezclas

Se procede con el diseño de mezclas de conformidad con lo establecido para la dosificación y resistencia de lechada plástica, lechada de inyección y concreto lanzado definidos en el numeral 684.2 Materiales de esta especificación en los apartes 684.2.6, 684.2.7, 684.2.8.

684.4.3 Construcción de muro plástico

684.4.3.1 Excavación

Para la construcción del muro plástico se traza la longitud total del muro a través de marcas de cinco a siete metros (5 a 7 m), los cuales conforman cada uno de los paneles durante la excavación, el avance diario depende de las características del suelo en el que se trabaje pudiendo avanzar hasta diez metros (10 m) por día.

Esta excavación se realiza utilizando una retroexcavadora con un balde de cuarenta centímetros (40 cm). La excavación debe alcanzar una profundidad hasta cinco coma cinco metros (5,5 m) y el ancho final está comprendido entre cuarenta y sesenta centímetros (40 y 60 cm) dependiendo de las características del terreno.

684.4.3.2 Vaciado de lechada plástica

Para el vaciado del muro se utiliza una lechada plástica (un mortero preparado con lodo bentonítico) el cual alcanza una resistencia mayor o igual a cinco kilogramos por centímetro cuadrado ($f'c=5 \text{ kg/cm}^2$). Las características de la lechada plástica pueden variar con las condiciones de los suelos encontrados, se recomienda inicialmente una relación agua/cemento en masa mayor o igual a cero coma cuatro (0,4), controlando sus características de viscosidad Marsh, densidad y resistencia a la compresión.

Para la preparación de la lechada plástica se

requiere de la preparación de lodo bentonítico (agua-bentonita) con una relación cincuenta sobre mil (50/1 000) controlando sus características de viscosidad Marsh y densidad, de conformidad con los parámetros definidos en el numeral 684.2 de la presente especificación, subnumeral 684.2.6, Tabla 684-1 y Tabla 684-2 de la presente especificación.

684.4.4 Conformación de plataforma de trabajo

Excavación de terraza. Para realizar la plataforma de trabajo se procederá a retirar el terraplén (relleno y/o terreno natural) después de un mínimo de cuarenta y ocho horas (48 h) de la formación del muro plástico, para iniciar con el recubrimiento con concreto lanzado.

Se puede descubrir hasta veinte metros (20 m) lineales de muro, sin embargo, esto depende de las características de la falla a estabilizar. En condiciones severas se recomienda solo descubrir cinco metros (5 m) de manera alternada.

Una vez que se tiene la plataforma de trabajo se procede con la liberación de la cara del muro plástico, el cual consiste en un reperfilamiento manual para lograr una superficie uniforme que permita una fácil colocación de la malla electrosoldada y proceder con el sistema de confinamiento.

684.4.5 Sistema de sostenimiento

684.4.5.1 Suministro y colocación de concreto lanzado

El primer paso consiste en la colocación de una malla electrosoldada la cual debe cumplir con las características requeridas en el artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero de estas especificaciones, las cuales se incluyen en el subnumeral 812.2.1 Malla de alambres de acero, Tabla 812-1. La colocación se realiza anclándola con varilla enterrada en el muro plástico al menos quince centímetros (15 cm); para el traslape entre mallas se debe

de asegurar que este cubra por lo menos un (1) cuadro entre mallas.

Se recomienda el uso de cubos de concreto de al menos tres centímetros (3 cm) para separar la malla electrosoldada del contacto directo sobre la pantalla, con la finalidad de centrar su posición frente al espesor de concreto.

El concreto lanzado debe contar con un espesor promedio de ocho centímetros (8 cm) y una resistencia ciento cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado ($f'c=150 \text{ kg/cm}^2$). Se recomienda usar como calibradores las mismas varillas de sujeción de la malla para identificar y garantizar el espesor aplicado. Las características del concreto a lanzar pueden variar con las condiciones del lugar de aplicación, se recomienda inicialmente una relación agua/cemento de cero coma seis (0,6), controlando sus características de resistencia a la compresión (ciento cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado ($f'c=150 \text{ kg/cm}^2$)). Como agregado se utiliza una gravilla. Los parámetros de calidad deben cumplir con los requerimientos definidos en el numeral 684.2 de la presente especificación, subnumeral 684.2.8 en la Tabla 684-4.

684.4.5.2 Instalación de anclajes pasivos

El proceso de colocación de concreto lanzado y el de anclajes al muro pueden alternar su secuencia según las condiciones del terreno.

684.4.5.2.1 Perforación y colocación de anclajes

Se realizan barrenos conforme al proyecto en cuanto a distribución y profundidad. Las especificaciones de los anclajes deben estar elaboradas para su aplicabilidad según lo establecido en el proyecto y de la misma manera deben estar descritas en los planos.

684.4.5.2.2 Inyección de anclajes

Para la inyección de los anclajes instalados se debe utilizar una lechada de cemento la

cual debe cumplir con una resistencia mínima de cien kilogramos por centímetro cuadrado ($f'c=100 \text{ kg/cm}^2$).

Dicha mezcla se prepara en un turbo mezclador de alta velocidad y posteriormente se pasa al agitador para mantenerla homogenizada durante todo el tiempo de la inyección. La lechada de cemento a utilizar debe tener una relación de agua/cemento en masa igual o mayor de cero coma seis (0,6) y controlar sus características de resistencia establecidas de la mezcla. La lechada de inyección debe cumplir como mínimo con lo establecido en el numeral 684.2 de la presente especificación, subnumeral 684.2.7, en la Tabla 684-3.

Dichas cantidades pueden ser ajustadas en la obra dependiendo las condiciones en las que se encuentre la zona a inyectar (humedad, temperatura, tipo de estratigrafía, urgencia de fraguado, etc.), además de evaluar la necesidad de agregar aditivos adicionales.

La inyección de los anclajes se realiza a través de un ducto o manguera perforada, en la punta que es adosada a cada anclaje por el cual fluye la lechada de cemento a una presión y volumen controlado.

684.4.5.3 Tensado y protección

Como medida de control de calidad se realiza un tensado de los anclajes. El tensado del anclaje se da halando el anclaje con un gato hidráulico aplicándole un incremento de carga controlado hasta la capacidad especificada en el proyecto. Se aplica la prueba de tensado al dos por ciento (2%) de los anclajes de tensión una vez alcanzada la resistencia de la lechada (mínimo tres días (3 d)). Después del tensado se coloca una protección al cabezal de cada anclaje.

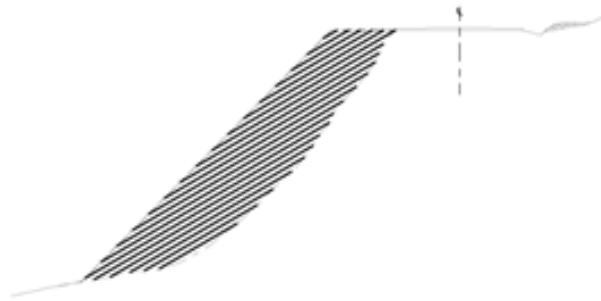
684.4.6 Sistema de drenaje

Después de un día de haber inyectado los anclajes se realizan barrenos para colocación de drenes perforando el muro plástico cada

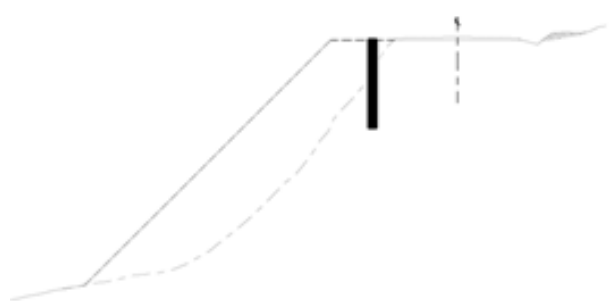
cuatro metros (4 m) y un diámetro mínimo de dos pulgadas (2 pulgadas) tal que permita colocar los drenes dentro del barreno.

Existen dos (2) tipos de drenes sub-horizontales

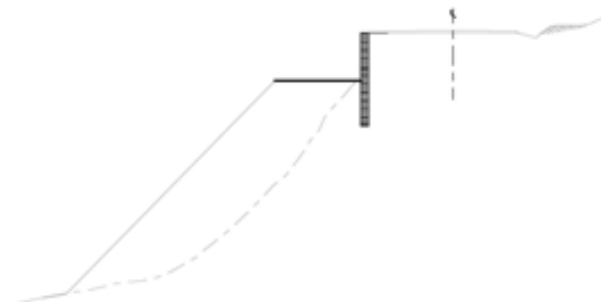
con una longitud igual o mayor a la longitud del anclaje instalado y los drenes locales (lloraderos) los cuales tienen una longitud necesaria para pasar el espesor del muro.



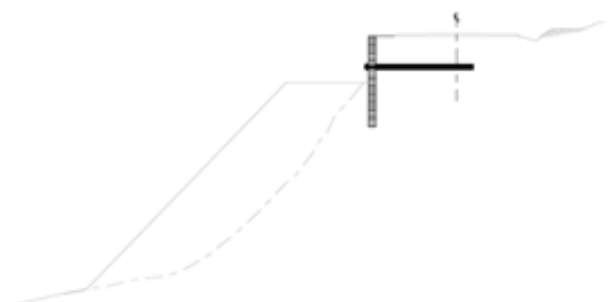
1. Relleno para plataforma



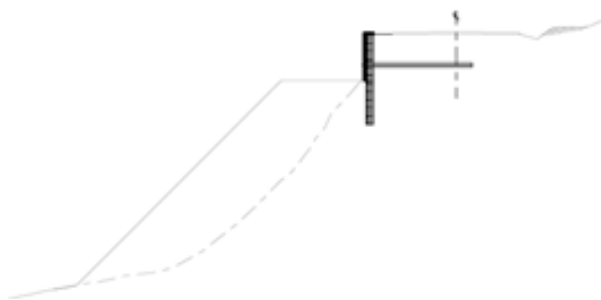
2. Excavación y vaciado de pantalla plástica



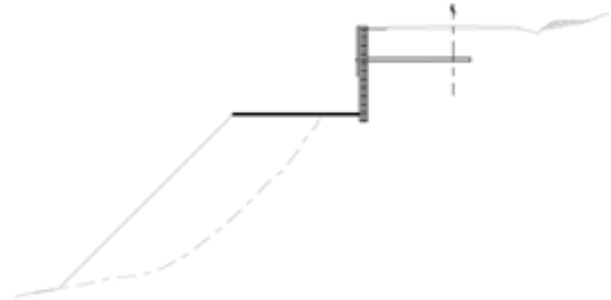
3. Conformación de plataforma



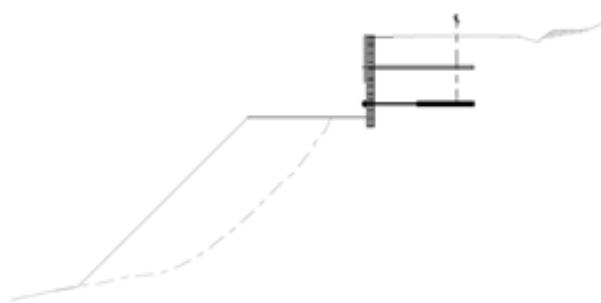
4. Perforación e Instalación de anclajes con lechada



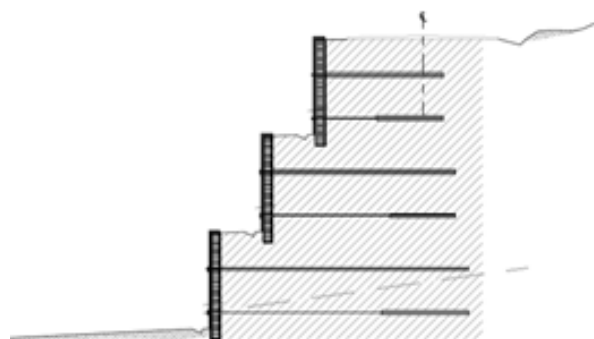
5. Instalación de malla electrosoldada y aplicación de concreto lanzado



6. Conformación plataforma de avance instalación drenaje lloraderos y/o drenes californianos lloraderos y drenes californianos



7. Avance secuencia constructiva, pasos 2 a 4



8. Vista final proyecto a 3 niveles

Figura 684-1 Secuencia constructiva sistema de contención

684.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

684.5.1 Calidad de los materiales

684.5.1.1 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verifica su pH, contenido de sulfatos y otros parámetros que sean requeridos por el interventor y los valores tolerables establecidos en el numeral 684.2.2 Agua de mezclado.

684.5.2 Calidad de los productos de curado

Siempre que se requiera la incorporación de los productos de curado, el constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

684.5.2.1 Mezclas utilizadas en el sistema

684.5.2.1.1 Lechada plástica

En la construcción del muro plástico debe

utilizar un mortero (cemento-agua-bentonita-arena) que se le adiciona bentonita con la cual se crea una pantalla impermeable permanente, aumenta la plasticidad del cemento y estabiliza la resistencia mecánica.

Las condiciones de recibo de la lechada plástica deben cumplir como mínimo con lo establecido en el numeral 684.2 de la presente especificación, subnumeral 684.2.6.

684.5.2.1.2 Lechada inyección

Para la inyección de los anclajes debe utilizar una lechada de cemento (cemento-agua) mezclada homogénea; en caso de ser necesario se agrega algún aditivo químico (que por lo regular se utiliza silicato). El silicato principalmente se utiliza para acelerar el tiempo de fraguado, aunque también mejora la rigidez de la mezcla.

Las condiciones de recibo de la lechada de inyección debe cumplir como mínimo con lo establecido en el numeral 684.2 de la presente especificación, subnumeral 684.2.7

684.5.2.1.3 Concreto lanzado

La aplicación de lanzado utiliza un concreto (cemento-agua-gravilla) con un agregado que este en los límites entre fino y grueso, por tal motivo se recomienda gravilla, aunque si la

arena es muy gruesa se puede utilizar.

Las condiciones de recibo del concreto lanzado deben cumplir como mínimo con lo establecido en el numeral 684.2 de la presente especificación, subnumeral 684.2.8.

684.5.2.2 Controles

684.5.2.2.1 Fluidéz

Es la capacidad que tiene una mezcla para fluir en un determinado tiempo medido en segundos, las mezclas con mayor fluidéz tienen mejor adherencia que las mezclas secas. Para este ensayo se utiliza un cono de fluidéz en el cual se mide el tiempo que tarda en escurrir una cantidad de mezcla por el cono. El tiempo de escurrimiento de cada mezcla se puede ajustar en obra, de acuerdo con las condiciones del sitio. (ANSI/API 13B-1, ASTM D6910, ASTM D4380).

684.5.2.2.2 Resistencia

La resistencia que alcanza una mezcla está en función de la cantidad de materiales cementantes y agua (cemento-agua), a medida que esta se reduce se incrementa la resistencia. Para determinar la resistencia a la compresión se pueden utilizar cilindros o cubos y estos deben permanecer húmedos hasta su ruptura. La resistencia a la compresión se debe realizar a la edad de ventiocho días (28 d) y la medida está dada en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2). (NMX-C-160-ONNCCE-2004, NMX-C-109-ONNCCE-2004, NMX-C-083-ONNCCE-2004, ASTM C31/C31M, ASTM C109/C109M, ASTM C39/C39M).

684.5.2.2.3 Densidad

La densidad de las mezclas se determina con la balanza, cuyos resultados se expresan en gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3) ó libras por pie cúbico (lb/ft^3). Esta nos sirve para

conocer la presión hidrostática que genera la mezcla la cual ayuda a estabilizar la excavación y evitar derrumbes. (ANSI/API 13B-1, ASTM D6910, ASTM D4380).

684.6 Medida

El sistema de contención debe ser medido por metro cuadrado (m^2) muro terminado (incluye pantalla plástica de cinco coma cinco metros (5,5 m) de altura, anclajes, concreto lanzado, drenes y protección de platinas), no obstante para la discretización del pago de los elementos que conforman el tratamiento se propone seguir los lineamientos de cada especificación particular, con lo anterior el sistema se mide:

Lechada plástica: la unidad de medida es el metro cuadrado (m^2), aproximado al décimo de metro cuadrado, de pantalla con lechada plástica de conformidad con los planos o las instrucciones del 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 área se determina multiplicando la longitud de tratamiento medida a lo largo del eje de la vía en su proyección horizontal por la profundidad de excavación sobre el relleno, la cual debe ajustarse a lo especificado en los planos o las modificaciones proyectadas por interventoría. El espesor de la pantalla ha sido definido como una constante para el sistema como cuarenta centímetros (40 cm).

Los siguientes ítems que hacen parte del sistema de contención deben medir de conformidad con las especificaciones generales de cada uno tal como se indica a continuación:

Excavación: la unidad de medida de las excavaciones varias debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y en la presente

especificación o autorizadas por el interventor.

No debe haber ninguna medida por los sobrecanchos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de haber realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. Los lineamientos particulares para la medición de este ítem deberán seguir lo descrito en el artículo 600, Excavaciones en el numeral 600.6. y se asocia a trabajos clasificados como excavaciones varias sin clasificar, según el numeral 600.1.2.1

Anclajes: la unidad de medida es el metro (m), aproximado al décimo de metro de anclaje construido satisfactoriamente, con las dimensiones y alineamientos mostrados en los planos o indicados por el interventor. Los lineamientos particulares de este ítem deben seguir lo descrito en la especificación 623, Anclajes, la unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado al décimo de metro, de anclaje construido satisfactoriamente, con las dimensiones y alineamientos mostrados en los documentos del proyecto aprobados por el interventor. de recubrimiento de talud con malla y mortero ejecutado de conformidad con los planos o las instrucciones del interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los lineamientos particulares para la medición de este ítem deben seguir lo descrito en el artículo 623, en los numerales 623.6.1 Anclajes y 623.6.2 Pruebas de carga.

Concreto lanzado: la unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1) de acuerdo con el artículo 812, de mortero para recubrimiento de talud con

malla y mortero ejecutado de conformidad con los documentos del proyecto y 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.

El área se debe determinar multiplicando la longitud de talud tratada, medida a lo largo del eje de la vía, en su proyección horizontal, por el ancho, medido sobre la superficie del talud, especificado en los documentos del proyecto y aprobado por el interventor, y el espesor determinado en el diseño y aprobado por el interventor. De los volúmenes calculados deben deducirse los correspondientes a las tuberías de drenaje.

No se debe medir, para fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

Los lineamientos particulares para la medición de este ítem deben seguir lo descrito en el artículo 812, en el numeral 812.6.

Drenes: la unidad de medida es el metro (m), aproximado al décimo de metro, de dren horizontal instalado de acuerdo con los planos del proyecto, la especificación 674, Drenes horizontales en taludes y las instrucciones del interventor.

No se debe medir para fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por el interventor.

Los lineamientos particulares para la medición de este ítem deben seguir lo descrito en el artículo 674, en el numeral 674.6.

684.7 Forma de pago

El pago por precio unitario, se realiza de acuerdo con lo ejecutado, incluyendo la excavación

con lechada autofraguante (lechada plástica); la colocación, inyección y tensado de los anclajes; la colocación de concreto lanzado; la construcción de cabezal y de bordillos y el tensado de los anclajes. Incluye lo que corresponda por: cargas y descargas de transporte hasta el lugar de la obra, obras auxiliares; mermas y desperdicios y en general, cualquier equipo, material y mano de obra que se requieran para la correcta ejecución de estos trabajos.

Lechada plástica: el pago se debe hacer al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el interventor. El precio unitario debe cubrir los costos del suministro y colocación de mortero (cemento-agua-bentonita-arena) y bentonita, del diseño de la mezcla, la elaboración de la mezcla, su transporte y vaciado sobre la excavación. Debe incluir también los costos de la señalización preventiva, el control del tránsito público durante la ejecución de los trabajos y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Los siguientes ítems que hacen parte del sistema de contención se medirán de conformidad con las especificaciones generales de cada uno tal como se indica a continuación:

Excavación para conformación de terrazas: el trabajo se paga al precio unitario del contrato por toda obra realizada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este. El alcance de la forma de pago se describe detalladamente en la especificación 600, Excavaciones varias, numeral 600.7, y el pago de este tipo de excavaciones esta contemplada como ítem 600.1.2.1 Excavaciones varias sin clasificar.

Anclajes: el pago se hace al precio unitario del contrato, el alcance de la forma de pago se describe detalladamente en la especificación 623, Anclajes numeral 623.7.1.

Concreto lanzado con malla electrosoldada: el pago se hace al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con lo establecido en la especificación 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero, numeral 812.7.

Drenes: el pago debe hacer al precio unitario del contrato, el alcance de la forma de pago se describe detalladamente en la especificación 674, Drenes horizontales en taludes, numeral 674.7.

El precio unitario de cada uno de los ítems deberá incluir, también, los costos de administración e imprevisto y la utilidad del constructor.

684.8 Ítem de pago

Los ítems de pago están conformados de acuerdo con la magnitud del proyecto, recordando que el sistema de contención de esta especificación es un método de estabilización puntual en puntos críticos.

Ítem	Descripción	Unidad
648.1	Lechada Plástica e: 40 cm	Metro cuadrado (m ²)