



## EP 01.- ESPECIFICACION PARTICULAR DE CONSTRUCCION 01

febrero del 2022

Rev.05

### ESTABILIZACIÓN DE CAPA DE GRAVA-ARENA MEDIANTE INYECCION DE MEZCLA INESTABLE CONFORMADA POR AGUA, CAL, CEMENTO, SILICATO DE SODIO Y ACELERANTES.

#### ALCANCES

La presente especificación regirá el procedimiento constructivo de **estabilización** de la subbase de grava-arena que soporta el sistema de vías para el tramo subterráneo de la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Metro de la CDMX.

La estabilización se realizará en los tramos siguientes:

Tramo	Cadenamiento	Longitud (m.)
2	22+435 - 26+036	601
3	24+962 - 25+281	319
4	24+008 - 24+459	451
5	23+390 - 23+490	100
6	21+040 - 21+270	230
7	20+360 - 20+873	513

- Los tipos de mezcla por inyectar, se describe en el apartado de mezclas.
- Su distribución se hará de acuerdo a lo indicado en planos de proyecto
- Para la longitud total por estabilizar, se estiman 3321 estaciones de inyección.



## EQUIPO

El equipo a emplear será el siguiente, o bien; cualquier otro autorizado por la Supervisión de Obra que garantice una adecuada elaboración y aplicación de la mezcla.

- perforadora
  - Silo o tanque de almacenamiento
  - Mezclador de corte hidráulico
  - Agitador Norma DIN28131
  - Bomba de tornillo con control de gasto y presión ajustable. (manómetro y medidor de gasto).
  - Obturador Neumático.
  - manómetros
  - Mangueras y tubería de apoyo.
  - Generador
1. Perforadora, equipada con broca de diamantes o broca de tungsteno, o aquella que la contratista considere eficiente para dicho trabajo de perforación.
  2. Mezclador. El equipo deberá ser de bomba centrífuga, con capacidad mínima de 1,250 rpm, y contará con filtros para retener los grumos o basura.
  3. Agitador. Depósito acumulador entre las mezcladoras y las bombas de inyección, lo que permite una inyección continua. Debiendo ser de baja velocidad (60 rpm).
  4. Bomba de tornillo. La bomba de inyección estará controlada por un sistema lógico programable, con una capacidad de inyección de baja presión, deberá contar con registro y monitoreo de parámetros de presión y gasto, contador de ciclos de operación, programación de parámetros límites alcanzados (presión/gasto/volumen).

Sí durante la ejecución del trabajo los materiales y/o equipos presentan deficiencias de acuerdo a las características indicadas en la normativa aplicable, y conforme al programa de suministros de materiales y equipo. Se suspenderán los trabajos de manera inmediata, en tanto que no se corrijan y/o reemplacen.



## MATERIALES

- Agua
- Cemento NMX-C-414-ONNCCE-2014, CPO-20-RS
- Cal Hidra (N-CMT-4-03-001)
- Silicato de Sodio (NMX-K-240-SCFI-2009)
- Tubos PVC de 1 1/2" (N-CMT-3-04-003)

## CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS

Las Mezcla por elaborar serán las siguientes:

### Tipo A

COMPONENTES	DOSIFICACION
Agua	3,030 l
Cal hidratada	1 Ton
Silicato de sodio tipo metso anhidro	10 kg

Propiedad	Valor de referencia	Norma
Viscosidad	27.90-28.80 seg	ISO 2431; ASTM D6910
Densidad	1.14 -1.16 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM D4052-16
Ph	12	ASTM D 1067

### Tipo B

COMPONENTES	DOSIFICACION
Agua	2,650 l



Cal hidrata

1 Ton

Propiedad	Valor de referencia	Norma
Viscosidad	28.80 – 29.50 seg	ISO 2431; ASTM D6910
Densidad	1.16 -1.18 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM D4052-16
Ph	11	ASTM D 1067

### **Tipo C**

COMPONENTES	DOSIFICACION
Agua	3,030 l
Cal hidrata	810 kg
Cemento	150 kg
Silicato de sodio (tipo metso anhidro)	40 kg

Propiedad	Valor de referencia	Norma
Viscosidad	28.00- 29.00 seg	ISO 2431; ASTM D6910
Densidad	1.18 -1.20 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM D4052-16
Ph	12	ASTM D 1067

### **Tipo D**



COMPONENTES	DOSIFICACION
Agua	2,650 l
Cal hidrata	960 kg
Cemento o silicato de sodio (tipo N o metso anhidro)	40 kg

Propiedad	Valor de referencia	Norma
Viscosidad	28.80 – 29.50 seg	ISO 2431; ASTM D6910
Densidad	1.17 -1.19 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM D4052-16
Ph	11	ASTM D 1067

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

### TRABAJOS PREVIOS

- Localización y Trazo del Barreno. Previo a la inyección, se deberán de ubicar los barrenos mediante equipo de topografía de precisión, y de acuerdo a lo señalado en el proyecto. Las perforaciones se harán sin interrupción en la longitud y posición establecidos en planos.
- Instalado el tubo de PVC hidráulico de 1 ½" de diámetro, en barrenos de 2" de diámetro; mediante mortero o grout, garantizando la correcta fijación del tubo en el estrato de grava - arena.
- El tubo de PVC o estación de inyección, tendrá una longitud efectiva de 37 cm, el cual será ciego en uno de sus extremos (tapón) y tendrá 3 orificios de 1/2" de diámetro acomodados en sección transversal a cada 120°, a



una distancia del tapón del tubo al centro del orificio, de 1". Cubriendo los orificios se colocará membrana (manguito) exterior en una longitud medida desde el tapón del tubo de 2 1/2"

- Se deberá verificar que la instalación del dren longitudinal en el interior del dren existente, este concluida y que en sus extremos el espacio, anular entre los dos tubos se encuentre sellado.
- Se deberá sellar el espacio anular en cada registro ubicado dentro del tramo por estabilizar.
- Durante el proceso de inyección los registros del drenaje a lo largo del eje del tunel en la zona por estabilizar deberán permanecer abiertos (sin tapa) para verificar que no se tenga perdida de mezcla.
- La instalación del drenaje perimetral deberá estar concluida.
- En las zonas limítrofes de los tramos por inyectar y solo ahí, se procederá a la instalación de las estaciones de inyección a través de la capa de balasto, mediante calas (vía 2).

## **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE LAS MEZCLAS**

Elaboración de la mezcla. Se deberá dejar hidratar durante un periodo mínimo de 10 min los materiales inertes, para proceder a su mezclado en un mezclador de corte directo.

- Cuando la mezcla sea homogénea (densidad constante verificar en campo mediante cono Marsh), se mandará la mezcla al agitador, el agitador no deberá trabajar por debajo de los 60 rpm, se verterá la cantidad necesaria de silicato a la mezcla.
- Terminado el periodo de agitación de 10 min máximo. Se procederá a enviar la mezcla al frente de inyección a través de una bomba de tornillo o doble pistón, para lo cual se deberá garantizar que la viscosidad inicial sea menor de 15 cp. La viscosidad deberá permanecer constante mínimo 3 a 5 minutos.
- En caso de requerirse por necesidades de reducir los tiempos de respuesta de la capa de subbalasto (Capa de grava-arena) para la colocación del nuevo balasto, a las mezclas se les podrá agregar una cantidad mayor de silicato (> 40 kg por mezcla definida en la tabla de características de las



mezclas). Se estima que el fraguado inicial de la mezcla con silicato sea de 30 a 50 minutos.

## **PROCEDIMIENTO DE EQUIPAMIENTO PARA LA INYECCIÓN.**

Después del retiro de la capa de balasto se procederá a la ubicación y perforación de los barrenos de 2" de diámetro para la instalación de las estaciones de inyección.

Si la longitud del retiro del balasto no abarca todo el tramo por estabilizar, el proceso de estabilización se realizará en 2 etapas Vía 1 y Vía 2, de la forma establecida en planos y con la distribución señalada.

## **PROCEDIMIENTO DE INYECCIÓN**

Una vez definidas en campo las secciones limítrofes y secciones internas de acuerdo a lo indicado en el proyecto, se procederá a la instalación de los tubos de PVC con longitud de acuerdo a lo establecido en planos con un diámetro de 1 ½", la profundidad de penetración del tubo de PVC (longitud del barreno) será de 2/3 partes del espesor de la capa de grava arena en la sección, la longitud del tubo de estima en 37 cm.

Una vez instalados los tubos de inyección conforme a la distribución mostrada en planta del proyecto para cada uno de los tramos a mejorar (ver planos), se procederá a lo siguiente:

- Iniciar con el proceso de inyección de la mezcla de diseño, garantizando el sellado de la estación mediante un obturador neumático acoplado a una tubería de retorno con manómetro, para evitar que se rebase la presión máxima y se pueda determinar en todo momento la presión y cese de la inyección.
- Se considera que la estación está al 100% cuando el volumen definido para cada estación (ver plano de inyección de cada tramos) se ha conseguido o cuando la presión de inyección en las tres etapas de inyección (de requerirse), sea la máxima definida. Lo que puede significar que en algunas estaciones no se alcance la inclusión del volumen de mezcla especificado para la estación.



- Durante la etapa de inyección la velocidad de flujo no deberá ser menor de 20 l/min ni mayor de 60 l/min.
- Si se alcanza la presión de rechazo, se deberá suspender la inyección durante 5 min. Para proceder a su reinicio, si concluido el periodo establecido la presión o el caudal definido no son los adecuados se suspenderá la inyección de la estación y se dará como terminada la inyección en dicha estación.

### **CONTROL Y TÉRMINO DE LA INYECCIÓN**

Para la zona donde la superficie de la capa inyectada sea visible (donde se retire el balasto), se considera terminada la inyección cuando la mezcla inyectada de indicios de aparecer en la superficie.

Para zonas donde la inyección se realice sin la remoción de la capa de balasto y por ello, no se pueda observar la superficie de la capa a inyectar (zona limítrofe). Se realizará controlando el volumen de inyección mediante la estimación del volumen de la capa definido en los planos.

Las etapas del procedimiento serán:

- 1.- Inyección en las secciones limítrofes (franjas limítrofes).
- 2.- Una vez que las franjas limítrofes alcancen su fraguado final (50 a 80 min), se procederá a realizar la inyección de las secciones internas a las franjas limítrofes mediante la mezcla indicada en planos.
- 3.- Se considera inyectado el tramo o estación de inyección conforme a lo establecido en control y término de la inyección.

#### **Valores de rechazo**

Estaciones	Presión (bar)	Gasto (l/min)
Limítrofes	0.04 - 0.06	20 - 25
libres	0.05 - 0.08	20 - 60

4.- Las presiones de inyección quedan definidas en la siguiente tabla para espesores máximos y mínimos, para espesores intermedios consultar directamente en plano de tratamiento de la zona en particular.



Mezcla	Espesor de capa (cm)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> – Bar)
Tipo A	65	0.08 – 0.08
Tipo B	65	0.06 – 0.06
Tipo C	65	0.08 – 0.08
Tipo D	65	0.06 – 0.06

Mezcla	Espesor de capa (cm)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> – Bar)
Tipo A	35	0.05 – 0.05
Tipo B	35	0.04 – 0.04
Tipo C	35	0.05 – 0.05
Tipo D	35	0.04 – 0.04

5.- En caso de que en la estación de inyección se alcance la presión máxima especificada en el punto 4, procederá a suspender la inyección y a seguir la recomendación del punto 4 del *procedimiento de inyección*.

7.- Si se detecta agua en la capa de grava arena, deberá utilizarse un sistema a base de bombeo de achique para su eliminación de las zonas por inyectar.

**8.- Es importante comentar que la distancia entre puntos de las estaciones de inyección podrá modificarse con base en los resultados que se observen en campo, con la finalidad de tener un mejoramiento homogéneo**

## **INSTRUMENTACIÓN**

Durante todo el proceso de inyección, se deberá tener lo siguiente:



- Sensor de presión local y remoto.
- Medidor de flujo local y remoto.

1.- Regulación de la presión. Se deberá respetar en todo momento el valor de rechazo en la estación.

2.- Regulación del caudal. El gasto aconsejable para un funcionamiento adecuado del sistema es mayor de 20 l/min.

3.- la relación caudal vs. Presión de rechazo deberán ser guías en el proceso de inyección.

### **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN, UNIDAD DE MEDIDA Y BASE DE PAGO**

Se verificará en campo la presión idónea para el inyectado de cada mezcla, de acuerdo a los volúmenes proyectados, las mezclas serán responsabilidad del contratista, manteniendo en los agitadores por un lapso no menor a 10 minutos contando a partir de que se haya adicionado el último componente de la misma.

- La mezcla que permanezca en los agitadores durante un tiempo superior a una hora se desechará.
- No deben utilizarse aditivos que contengan cloruros.
- No se permitirá el uso de agitadores manuales para la preparación de mezclas.
- En caso de que se utilice algún aditivo, este será el último componente que se adicione a la mezcla.

### **CONTROL DE CALIDAD.**

Durante la fabricación de las mezclas de inyección se procederá a revisar para cada 200 m<sup>3</sup> de volumen de mezcla, su densidad mediante ASTM D4052-16 y su viscosidad ASTM D6910.

Para la mezcla ya colocada y endurecida, se tomarán muestras (en diámetro Nq con una longitud igual de dos veces el diámetro) mediante equipo de perforación rotativo con broca de diamante, a cada 200 m a lo largo del eje del túnel o donde se pueda instalar el equipo de extracción, en dichas muestras se ejecutarán pruebas destructivas de compresión simple ASTM C 109 Y D 5102-96. Se estima que la resistencia a compresión simple de los especímenes alcanzado su fraguado final será de 2 a 4 kg/cm<sup>2</sup> menores de 2 kg/cm<sup>2</sup> serán rechazados y se procederá a una reinyección del área alrededor del espécimen en un diámetro de 2.5 veces el ancho del túnel.



**PROYECTO CIVIL INTEGRAL, SA. DE C.V.**

Est. 2000

### **UNIDAD DE MEDIDA**

La unidad de medida es el metro cúbico, verificando en campo en todo momento el volumen inyectado para cada tramo, medido en obra y aprobado por la supervisión. De acuerdo a lo señalado en la presente especificación.

### **BASE DE PAGO**

El pago será por metro cúbico inyectado y se realizará por tramo ejecutado de acuerdo al precio unitario establecido en el contrato.

<b>Elaboró:</b>  <b>Ing. Alejandro Perez Hernandez</b>	<b>Reviso:</b>  <b>M.I. Ivan Lugo Olmos PCISA</b>	<b>Vo.Bo.:</b>  <b>Dr. Paul Garnica Anguas CIID</b>
--	---	---