

## **Tubo Hincado**

### **Antecedentes**

El tubo de concreto reforzado prefabricado es el material de tubo más comúnmente utilizado en las operaciones del método de hincado. El tubo de concreto se instala frecuentemente mediante el método de hincado en donde son necesarias instalaciones profundas o en donde no son posibles las excavaciones abiertas convencionales ni los métodos de relleno.

Por primera vez, se utilizó el método de hincado en líneas de tubos de concreto en Norte América por parte del Ferrocarril del pacífico Norte entre los años de 1896 y 1900. En años más recientes, esta técnica se ha aplicado en la construcción de alcantarillado en donde se emplean ejes intermedios como estaciones de hincados a lo largo de la línea de la alcantarilla llamados lumbreras.

Se han instalado exitosamente con este método de hincado, tubos reforzados de espiga y campana tan pequeños como de 450 mm y tan grandes como 3350 mm de diámetro.

### ***Procedimiento de hincado***

El procedimiento usual para utilizar el hincado con del tubo de concreto es equipar el borde delantero del primer tubo con un escudo con la finalidad de proteger a la gente y al tubo. Este método se emplea en la minería manual. Cuando se utiliza una máquina de perforación, el extremo posterior de esta máquina se adapta al tubo en el que se usa el hincado.

Al añadir tramos sucesivos de tubo entre el primer tubo y el hincado, y el tubo es empujado con el gato hacia delante, se excava el suelo y se remueve a través del tubo. El material se maneja con cuidado y la excavación no precede a la operación de hincado más de lo requerido. Cuándo el método empleado es la minería manual, y cuándo se utiliza una

perforadora, la perforadora se extiende a lo largo del tubo antes de llevar a cabo el método de hincado. Este procedimiento resulta en una menor afectación de los suelos naturales que rodean al tubo. Los contratistas generalmente consideran conveniente el revestir la parte exterior del tubo con lubricante, tal como Bentonita, para reducir la resistencia de fricción entre el tubo y el suelo. En la mayoría de los casos, este lubricante se bombea a través de accesorios especiales que se instalan en la pared del tubo. Es aconsejable continuar con las operaciones de método de hincado durante 24 horas al día hasta terminar, debido a la tendencia de del tubo empujado con el hincado a asentarse cuando el movimiento hacia adelante se interrumpe aunque sea unas pocas horas, lo cual causará una significativamente mayor resistencia de fricción.

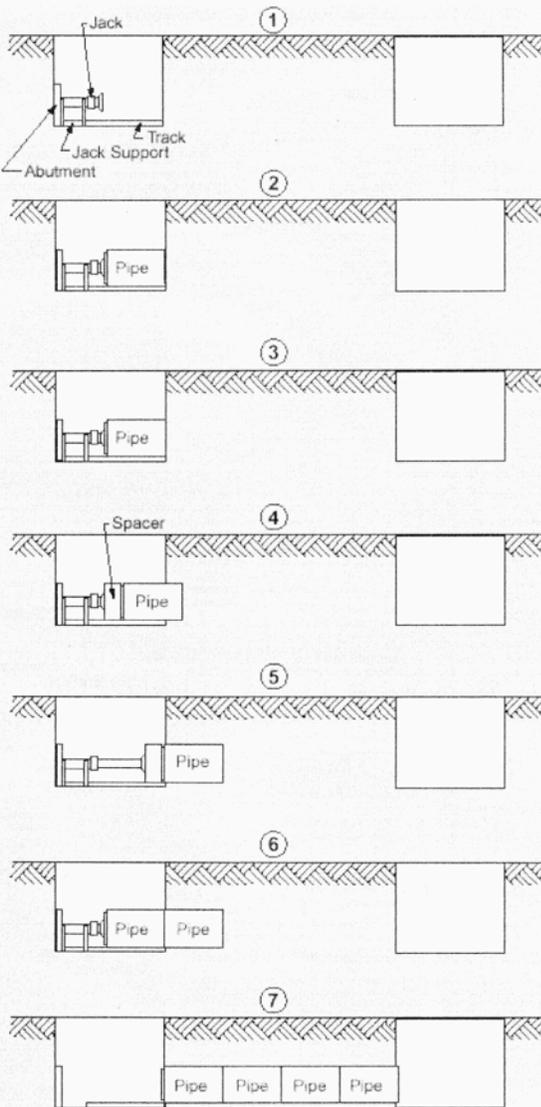
Es importante que la dirección del método de hincado sea cuidadosamente definida antes de iniciar la operación. Esto requiere el levantamiento de rieles guía en el fondo del tubo usado con el método de hincado. Para el caso de tubos grandes es aconsejable contar con tales

Ilustración 5.15 Pasos para el método de gato con un tubo de concreto. e los hincados empleados dependen principalmente del tamaño y de la longitud del tubo que será empujado con el método de hincado y el tipo de suelo presente. Las paredes del túnel deberán ser lo suficientemente resistentes y amplias para distribuir la capacidad máxima de los hincados contra el suelo detrás de la pared del túnel

La ilustración 5.15 proporciona un resumen del proceso paso a paso asociado con el método de hincado de los tubos.

**Ilustración 5.15 Los pasos para utilizar el método de hincado en el tubo de concreto**

1. Los pozos se excavan a cada lado. El gato descansará contra la parte posterior del pozo izquierdo así que se añade un tope de acero o madera como refuerzo. Se coloca un simple carril para guiar la sección del tubo de concreto. El gato se coloca en posición sobre una base.
2. Se baja una sección de tubo de concreto al pozo.
3. Los gatos se operan empujando hacia delante la sección del tubo.
4. El gato se retraen y se añade un espaciador entre el gato y el tubo.
5. Se operan los gatos y el tubo se empuja hacia delante.
6. Pudiera ser necesario repetir los pasos 4 y 5 anteriores varias veces hasta que el tubo se empuje lo suficientemente hacia delante para dejar espacio para la siguiente sección del tubo. Por lo tanto, es extremadamente importante que los recorridos / avances del gato sean lo más largos posibles con la finalidad de reducir tiempo y costo. La situación ideal sería tener el avance del gato más grande que el tubo para eliminar por completo la necesidad de los espaciadores.
7. La siguiente sección de tubo se baja al pozo y se repiten los pasos anteriores. El proceso completo se repite hasta que la operación se completa.



### ***Las cargas en el tubo hincado***

Dos tipos de cargas actúan sobre el tubo de concreto reforzado instalado mediante el método de hincado; la carga axial derivada de las presiones del en el método de hincado aplicadas durante la instalación; y la carga de soporte debida a la cubierta de tierra, con alguna posible influencia de las cargas vivas, que generalmente se hacen presentes después de terminada la instalación.

Cargas Axiales: Para las cargas axiales que se encuentran normalmente, se necesita proporcionar una distribución relativamente uniforme de la carga alrededor del perímetro del tubo con la finalidad de prevenir una concentración de tensión localizada. Esto se logra asegurando que los extremos del tubo estén paralelos dentro de las tolerancias establecidas para el tubo de concreto reforzado; utilizando algún material para amortiguar tal como triplay de centro sólido o aglomerado y con precaución por parte del contratista para asegurar que la fuerza de método del hincado está debidamente distribuida en la estructura de hincado y paralela al eje del tubo. El área transversal del tubo de concreto es adecuada para resistir las presiones encontradas en cualquier operación normal de método de hincado. Es siempre una buena idea reunirse con el contratista del hincado con el fin de averiguar las fuerzas de método de hincado que espera aplicar al tubo.

Para los proyectos en donde se anticipan presiones extremas de método de hincado debidas a extensas distancias de método de hincado o excesivas fuerzas de fricción unitarias, se podrían requerir de fuerzas compresivas de concreto mayores que las usuales, junto con un mayor cuidado para evitar concentraciones de fuerza de apoyo.

El factor de seguridad en la capacidad de carga axial deberá ser de 3.20 basado en la máxima resistencia del concreto. Se deberá evaluar asimismo el efecto de las cargas excéntricas o concentradas en las uniones del tubo.

La magnitud de las cargas axiales anticipadas está en función de muchos factores entre los que se incluyen la técnica de instalación, la longitud total de hincado, la fricción superficial del concreto, el diámetro del tubo y la resistencia de la pared de empuje del tubo

La fuerza total del método de hincado ( $F_{js}$ ) del tubo de concreto depende de varios factores primarios:

- Área Transversal del tubo en el punto más débil (normalmente la unión): ( $A_j$ )
- Resistencia a la compresión del concreto: ( $f'_c$ )
- El factor apropiado de seguridad: (S.F.)

La fuerza del método de hincado del tubo, (fuerza directa de compresión), ( $R_{js}$ ) se ajusta a la siguiente ecuación:

$$R_{js} = A_j \times f'_c / S.F.$$

Adicionalmente se deberá evaluar la flexión longitudinal debida a la excentricidad de la carga en la superficie de la unión. En general, el tubo completo permanece bajo compresión, a pesar de una mínima flexión debida a la excentricidad entre el centro de la superficie de la unión y la sección grande de pared más allá de la unión. Con algunos diseños, la fuerza resultante está actuando considerablemente fuera de la línea central de la pared, creando un esfuerzo de tensión neto. En tales casos, este stress deberá estar limitado a  $3 \times f_c \frac{1}{2}$

**Cargas laterales:** Estas cargas pueden ser el resultado de la fuerza del método de hincado aplicada al tubo si la estructura de hincado no está cuadrada al extremo del tubo de concreto en el método de hincado. También se presentará una presión lateral si el tubo está fuera de

traza o nivel. Esta acción somete los extremos de espiga y campana del tubo a cargas extremas de esfuerzo de corte.

**Cargas de tierra y en movimiento:** El cálculo de la resistencia del tubo requerida se determina a partir de: la profundidad del suelo, la masa del suelo, y las cargas vivas, si es el caso. El programa de software PipePac, de la American Concrete Pipe Association, puede ser de gran ayuda para determinar la capacidad requerida de soporte de carga del tubo.

Los otros dos factores a ser considerados incluyen: la dimensión de la holgura en la parte exterior del tubo de concreto reforzado hincado, y si está área esta lechada o sin lechar posterior a la instalación del tubo. Una vez que se determina la holgura, el programa PipePac toma en cuenta los cálculos de carga basándose en las condiciones de lechada o no lechada.

### **Características del tubo**

**Materiales:** Se deben especificar en las normas apropiadas los requerimientos para el cemento, los agregados, el acero reforzado y otros aditivos.

**Fabricación:** El tubo de concreto reforzado se deberá fabricar de acuerdo a la norma NMX-C-402-2004-ONNCCE, con especial atención en: las dimensiones nominales, las longitudes del tubo, y la resistencia compresiva del concreto. La resistencia compresiva del concreto en ningún momento deberá ser menor a 40 Mpa.

El tubo del método de hincado deberá contener dos armazones de refuerzo circular en el cuerpo del tubo. El armazón exterior se deberá extender hasta el campana del tubo, y el armazón interior se deberá extender hasta la espiga del tubo.

El tubo se fabricará solamente con armazones de refuerzo circular. No se permite en ningún momento el refuerzo elíptico de acero en el tubo del método de hincado.

En tanto las condiciones lo garanticen, el propietario podría solicitar el extremo del campana sea reforzado mediante el uso de una virola externa de acero (Calibre 12 y 203 mm de altura) La tira de acero se solda a la parte exterior de la armazón de refuerzo utilizando los espaciadores apropiados.

Se instalan generalmente puertos de lubricación (bentonita) al momento de la fabricación, lo que podría o no involucrar el uso de una válvula unidireccional. Lo mejor es verificar con el contratista del hincado con la finalidad de ubicar estos puertos en dónde mejor le sean útiles.

Las uniones del tubo deberán de ser lo más simétricas posible: esto es, el grueso de la espiga deberá de ser lo más cercano posible al grosor del extremo del campana. Dentro de las opciones de empaques a utilizar para el tubo del método de hincado se encuentran el anillo en O (O Ring) o single offset (de cuña) ya que a estos tipos de empaque no los afectan los pequeños movimientos en el área de la unión esperados conforma se aplica y se disminuye la presión de hincado.

Se debe también suministrar un lubricante subacuático con el tubo.

### **La variación permisible**

La norma NMX-C-402-2004-ONNCCE provee al usuario los requerimientos mínimos para las variaciones en los tubos. Los usuarios debe de ponerse en contacto con el proveedor del tubo para determinar cómo el fabricante asegura que se cumplen las limitaciones en las dimensiones.

