

Excavaciones para cimentaciones profundas

En este artículo se presenta un panorama general de excavaciones para obras de distinto tipo y en especial, en trabajos recientemente efectuados en Buenos Aires, Argentina.

Ing. Civil Eugenio Mendiguren¹

La conclusión de grandes proyectos, como Puerto Madero, en Buenos Aires, ha llevado a generar obras con condiciones de suelo desfavorables por lo que se ha tenido que recurrir a sistemas constructivos distintos.



Algunas de las excavaciones profundas en Buenos Aires surgen por la presencia de subsuelos que por la necesidad de grandes áreas de estacionamiento, han ido requiriendo cada día mayor cantidad de niveles, lo que se ha ido logrando con el aumento en las profundidades alcanzadas en los proyectos. En este sentido, cuando se analiza un trabajo de excavación los aspectos a tener en cuenta por su incidencia en el proyecto de la misma, son los siguientes:

- 1.- Perfil de suelos.
- 2.- Profundidad a excavar.
- 3.- Nivel de agua.
- 4.- Situación de los linderos.

Perfil de suelos

Resulta evidente que el tipo de suelos a excavar es determinante en el programa de excavaciones a ejecutar. Si bien en gran parte de Buenos Aires y alrededores, las condiciones del subsuelo son favorables para estos trabajos, también se tienen sectores que presentan situaciones con tratamientos especiales.

Hasta hace pocos años, las obras más importantes se desarrollaban en la zona céntrica y

hacia el sector norte de la ciudad. Ahí, los suelos involucrados presentan excelentes condiciones de estabilidad, permitiendo realizar excavaciones en condiciones favorables y con métodos tradicionales (excavación por etapas con submuración y anclajes o apuntalamientos a medida que se profundiza). En caso de no usarse anclajes para los muros perimetrales, se recurría a estructuras provisionales o que formaban parte de las definitivas, para apuntalar con las mismas a los muros laterales.

Todo tipo de apuntalamiento desde el interior de la obra crea problemas para la ejecución de la misma, por las etapas sucesi-

¹ Referencia: Revista *Hormigonar*, Boletín 393, Argentina.



vas de reemplazo de estructuras provisionales por definitivas, más la reducción de espacios de trabajo que tales apuntalamientos producen a su vez las exigencias del mercado y la conclusión de grandes proyectos como Puerto Madero, que ha llevado las obras a sectores con condiciones del subsuelo más desfavorables y la necesidad de recurrir a sistemas constructivos distintos.

Profundidad a excavar

Las exigencias de estacionamiento ya mencionadas son la causa principal del incremento de la profundidad de excavación, donde

el proyecto de tres o más subsuelos es hoy bastante común. Este incremento de profundidad provoca mayores empujes de suelos y mayores requerimientos en apuntalamientos y/o anclajes.

Nivel de agua

La presencia de agua es otro de los aspectos importantes a tener en cuenta en un programa de excavaciones. En este aspecto, la ejecución de obras en zonas con niveles de agua a poca profundidad, ha requerido la programación de trabajos de depresión de napa (capa de agua subterránea) de alcances mayores. Esta depresión de agua es necesaria para poder

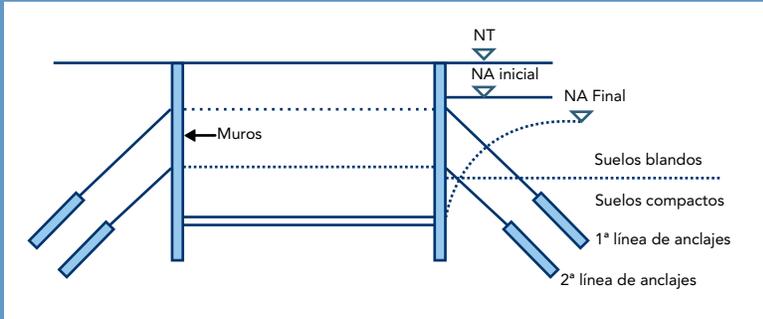
excavar a mayor profundidad sin problemas de diferencia de presión o levantamiento del fondo y trabajar en seco en la ejecución de cimentaciones y/o losas de subpresión. Este problema ha sido resuelto mediante la ejecución de un adecuado número de pozos profundos, que llegan normalmente a la napa de la formación pampeana y bombeando desde la misma se logra la depresión deseada. Cuanto mayor sean la superficie y la profundidad a que se requiere deprimir, mayor será el número de bombas a colocar. Esta forma de trabajo también logra deprimir en gran parte el agua fuera de las excavaciones, lo que reduce filtraciones y empujes hidrostáticos sobre muros.

Situación de los linderos

La existencia, envergadura y profundidad de apoyo de obras linderas, debe ser tenida en cuenta en el programa de excavaciones, para prever la submuración correspondiente y su efecto sobre los muros laterales. Al empuje de suelos originado por la diferencia de cotas entre la excavación y el terreno lindero, se deberá adicionar el empuje derivado de la carga de los edificios existentes. Los coeficientes de empujes utilizados en ambos casos son similares.

Se debe evaluar adecuadamente la presión transmitida por las cimentaciones de tales linderos, ya sea a través de planos de obra o estimaciones de las mismas. También debe estimarse la sensibilidad de las obras existentes al problema de asentamientos o pequeños desplazamientos horizontales, ya que su evaluación también incidirá en la definición de la forma de realizar las excavaciones.

Predio sin obras linderas



Evolución y actualidad

Las mayores exigencias de las obras proyectadas traen aparejada una importante evolución en el proyecto y ejecución de excavaciones profundas, especialmente en presencia de suelos de características desfavorables y nivel de agua freática superficial. A su vez, una mayor demanda en la utilización de sistemas especiales ha facilitado la existencia de equipos adecuados para su ejecución, con la consiguiente incidencia en la reducción de costos y mayores probabilidades de utilización. En este sentido las obras de Puerto

Madero han sido determinantes en la utilización de estos métodos, refiriéndonos específicamente a:

- Pantallas de concreto preexcavados y coladas *in situ* o pre-moldeados.
- Anclajes perforados e inyectados a presión en etapas múltiples.
- Pantallas de concreto colocadas *in situ* que consiste en la ejecución de un muro de concreto de un ancho aproximado de 0.60 metros y con una profundidad superior a la de la excavación prevista para lograr un empotramiento adecuado en el suelo para aislar el nivel freático, tomar parte

de los empujes horizontales y en algunos casos evitar la diferencia de presiones.

Este muro se construye con equipos especiales excavando trincheras en tramos de unos 3.0 metros de ancho. Se ejecuta inicialmente un tramo por medio y luego los tramos intermedios. La excavación se realiza con presencia de lodo bentonítico para asegurar la estabilidad de las paredes. Una vez terminada la excavación hasta la profundidad prevista, se coloca la armadura y se vacía el concreto con tubo de abajo hacia arriba, desplazando el lodo bentonítico con el concreto. Finalmente, ejecutada toda la pantalla, se comienza la excavación, la cual se realiza en etapas sucesivas. Cabe decir que la pantalla o muro colado, trabajando en voladizo, tiene cierta capacidad para absorber los empujes de suelos en la medida que se profundiza la excavación. Luego se adicionan anclajes en uno o varios niveles, de acuerdo a los que resulte de cálculo.

Programa sin linderos: Se ejecutan ambos muros en línea medianera.

1ª etapa de excavación y 1ª de anclajes.

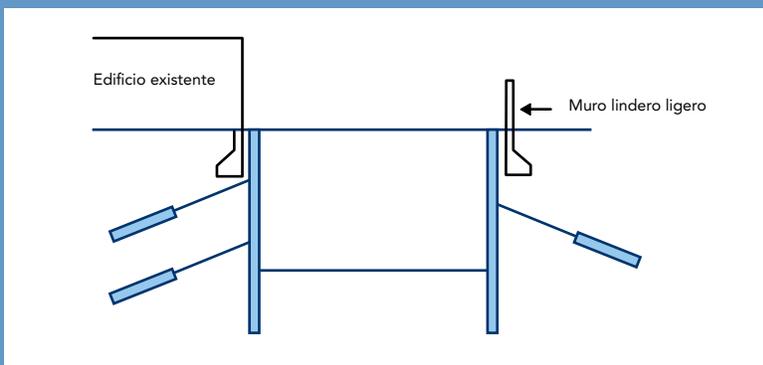
2ª etapa de excavación y 2ª línea de anclajes

El nivel de excavación se considera actuando un sistema de depresión de agua.

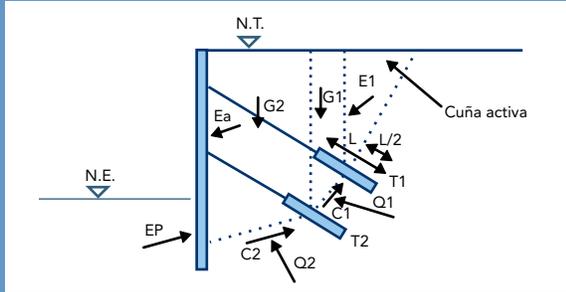
La zona central de la excavación puede avanzar más que la perimetral en caso de grandes superficies, dejando las bermas y taludes de suelo necesarios. En este caso la construcción es similar a la anterior, pero la obra lindera puede requerir un refuerzo de anclajes. Los muros se separan de la medianera por razones constructivas.

Alcanzando el fondo de la excavación se construirá la platea de cimentación y/o losa de subpre-

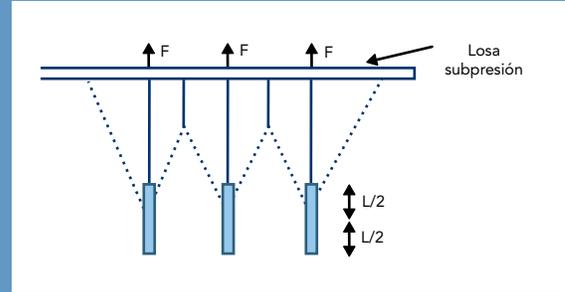
Predio con obras linderas.



Esquemas de verificación de estabilidad de muro-suelo-anclajes



Esquema de verificación al arrancamiento de anclajes en losas de subpresión



sión de acuerdo a proyecto. Para este trabajo final ha quedado el recinto totalmente libre de interferencias y sin presencia de agua. Para las premoldeadas, se ejecuta una excavación similar a la de los muros colados pero con lodo bentonítico con cemento.

Alcanzada la profundidad deseada se colocan los paneles premoldeados hasta la profundidad prevista y quedan unidos unos con otros a través de juntas especiales estancas. En este caso los paneles se colocan uno a continuación. La gran ventaja de este sistema es que logra una terminación de paredes perfectamente lisas que no requieren tratamientos posteriores. A su vez se ubican en el premoldeado los lugares donde se colocarán los anclajes, que se ejecutaran igual que en el caso anterior, en la medida que avanza la excavación.

Los muros colados en el lugar copian superficialmente todas las imperfecciones de la excavación

dentro de la cual se moldean, excepto cuando se coloque algún tipo de cimbra perdida de difícil materialización. Esto requiere trabajos posteriores de terminación.

Anclajes

La introducción de anclajes inyectados a presión ha sido también determinante en la positiva evolución de estos trabajos, ya que permiten ejecutarlos en longitudes grandes con pequeños diámetros y una alta capacidad de carga.

La posibilidad de inyecciones en etapas asegura la ejecución con un alto grado de seguridad y su tensado para puesta en servicio activo reduce sensiblemente la posibilidad de desplazamientos del muro y provee una muy útil prueba de carga individual. Dados los altos valores de fricción utilizados, es recomendable ejecutar ensayos de carga adecuados para verificar los valores adoptados.

Estos anclajes también son usados para las losas de subpresión, en cuyo caso debe asegurarse de la corrosión por tratarse de estructuras permanentes. Tanto en los anclajes de muros como en los de losas de subpresión, una vez proyectadas la cantidad y longitu-

des de anclaje deben efectuarse verificaciones de estabilidad del conjunto suelo-anclaje. En el caso de muros se verificará el conjunto muro-suelo-anclaje al volteo. En el caso de losas de subpresión se deberá verificar al arrancamiento.

Aspecto legal

La ejecución de anclajes perforados e inyectados para el sostenimiento de muros laterales en excavaciones, es la forma más segura de realizar estos trabajos, tanto para la obra en sí como para los linderos. Ya sea que se trate de muros colados como los descritos anteriormente muros ejecutados por partes durante el avance de la excavación, el hecho de anclarlos de esta forma con un postensado, minimiza los corrimientos laterales del muro y los consecuentes asentamientos de linderos. Por consiguiente, si bien para el constructor es ventajoso por todo lo expuesto anteriormente, es claro que ofrece al linderero un grado de seguridad que difícilmente se logre de otra forma.

Tratándose de una solución de aplicación temporal ya que una vez ejecutada la estructura bajo nivel de la obra, estos anclajes pierden su utilidad, debe encontrarse la forma de que su uso resulte de aplicación libre e incluso obligatoria, en determinados casos. Una reglamentación adecuada permitiría salvar todos los inconvenientes que pudiera derivar de su aplicación. c

Esquema de un anclaje

