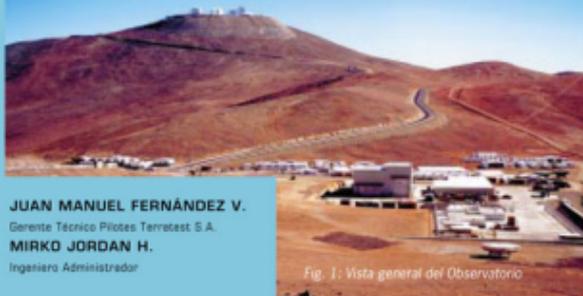


# ANCLAJES EN EL OBSERVATORIO PARANAL



**JUAN MANUEL FERNÁNDEZ V.**  
Gerente Técnico Pilotes Tarratest S.A.  
**MIRKO JORDAN H.**  
Ingeniero Administrador

Fig. 1: Vista general del Observatorio

*El objetivo del trabajo fue la instalación de 90 anclajes inyectados y postensados y 120 placas de interfase distribuidas en las 30 estaciones de hormigón armado de los telescopios auxiliares que comprenden el proyecto del complejo de interferometría.*

El Observatorio Europeo Austral, ESO, es una organización Europea para la investigación Astronómica en el Hemisferio Sur, integrada por ocho países. En Chile sus instalaciones más importantes se encuentran en el Observatorio La Silla (IV región) y, en fase de construcción, en el cerro Paranal (III región).

El proyecto Very Large Telescope Interferometer (VLTi) consiste en la combinación coherente de las cuatro unidades VLT telescópicas existentes (telescopios de 8.0 m de diámetro) junto a varios telescopios auxiliares (ATI) móviles de 1.80 mts de diámetro, los cuales se desplazarán por rampas hasta diferentes estaciones. Una vez que esté en funcionamiento el conjunto de los telescopios actuará como un gran telescopio de casi 200 mts de diámetro, el cual proveerá una gran sensibilidad y una altísima resolución angular.

La función de los anclajes es garantizar la estabilidad de las estaciones para el estado de carga sísmica. La longitud aproximada de los anclajes fue de 7.0 mts y se instalaron tres por estación, en recesos dejados en el hormigón de cada uno.

## a) Perforación en Hormigón Armado

Inicialmente fue necesario perforar los 3 recesos de las 30 estaciones a través del hormigón armado, lo que requirió un método de perforación que permitiera atravesar la armadura limpiamente. Se perforó en cada receso una longitud de aprox. 1.96 mts en un diámetro de 125 mm, utilizando hasta seis equipos de perforación de testigos.



Perforación rotativa con extracción de testigo a lo largo del tramo de hormigón armado en las estaciones.

## b) Perforación en Roca

Luego de perforar con diámetro 125 mm las estaciones de hormigón armado, se debió continuar la perforación para el anclaje en la roca de fundación. Se perforó una longitud de aprox. 5 mts por receso en un diámetro de 115 mm, la dureza y abrasividad de la roca condicionaban a una velocidad de perforación muy lenta y con gran desgaste de los botones y cuerpo de los bits. Para la ejecución de las perforaciones en roca se utilizó una máquina perforadora hidráulica montada sobre orugas. El sistema de perforación utilizado fue DTH (martillo de fondo).

El acceso al lugar de trabajo fue gracias a unos puentes especiales diseñados para no dañar las estaciones ya construidas. Para acelerar el trabajo se construyeron dos puentes, de forma de tener un montado mientras la máquina perforaba sobre el otro. Adicionalmente, hubo cuatro estaciones rodeadas de losas de hormigón armado que no podían dañarse por el tránsito de un equipo con orugas. Para acceder a estas estaciones se tuvo que hacer un gran esfuerzo moviendo la perforadora sobre tablonés.

Un factor importante fue el viento excesivo (habitual en la época de invierno en el Cerro Paranal), que producía la paralización de los faenas por la imposibilidad de izar las plataformas y además generaba vibraciones en el mástil de la máquina, siendo muy difícil de asegurar la verticalidad de la perforación en esas condiciones.

propiedades importantes de los anclajes utilizados:

1) Estar formados por un acero con fluencia de 590 Mpa (no es por lo tanto un acero de alta resistencia susceptible de estar sometido a corrosión por tensión).

d) **Instalación de anclajes**

En esta etapa se debían introducir los anclajes en las perforaciones y posicionar la guía (template) para que los topógrafos posteriormente entregaran la ubicación exacta para poder proceder a su inyección.

La tolerancia indicada en el proyecto era especialmente exigente: 0.5 mm medidos desde el eje de la estación a cada anclaje, lo que formaba círculo de 0.95 mts de radio y una tolerancia vertical de 0.2 mm. Previamente a la instalación de los anclajes se limpiaron las perforaciones con aire comprimido para eliminar los restos de detritus de la perforación que podrían haber quedado o caído de las estaciones.

Para el posicionamiento de los 90 anclajes en los recesos de hormigón armado, se debió fabricar un accesorio para el izaje, consistente en una tuerca a la que se le soldó una cadena de acero. Para la instalación de los anclajes se utilizó una grúa telescópica. Primeramente se tomaban los anclajes fabricados a medida para cada perforación y se le agregaba una placa y una tuerca para que se apoyara en la base del receso, luego mediante la grúa se izaba y colocaba dentro de la perforación. A continuación se colocaba el template y los an-

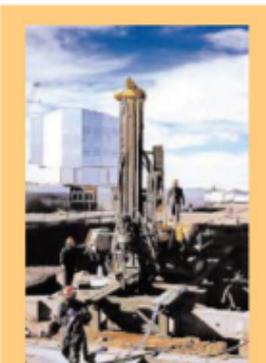


En primer plano se perfora con testigueras el tramo de hormigón armado de las estaciones. En segundo plano avanza ya la perforación en roca.

c) **Preparación de anclajes**

Se armaron 90 anclajes de 7.0 mts de largo distribuidos en 4.0 mts. e bulbo y 3.0 mts. de longitud libre. La longitud libre se ejecutó por medio de un tubo plástico, hecho a la medida para cada anclaje (dado que la longitud libre de cada anclaje dependía de la topografía por la tolerancia exigida), y se relleno con grasa anticorrosiva. Luego se sellaron los extremos del tubo de plástico con cinta adhesiva para que no se desplazara hacia arriba mientras se ejecutara la inyección de lechada y para que ésta no ingresara a la zona anular entre tubo y anclaje en la longitud libre. Tanto las barras como los manguitos roscados de acoples fueron galvanizados en caliente según norma ASTM 123/A 123M-97a. Además se pintaron los manguitos con pintura epóxica de dos componentes. La doble barrera de protección anticorrosiva estaba dada así por la lechada de cemento y el galvanizado caliente. Dos

2) Poseer una rosca de forma especial que genera microfisuración en el cuerpo inyectado para las cargas de servicio, garantizando una protección anticorrosiva adicional.



Perforación en roca con Mustang A66CBDT. Obsérvese el puente metálico diseñado especialmente para montar la máquina sobre las estaciones de hormigón armado de los telescopios.



Preparación de anclajes: Detalle de la zona de unión longitud de bulbo-longitud libre. Véase el manguito pintado con epoxy en dos capas y la cinta que asegura el tubo plástico sobre el manguito. Obsérvese el centrador f 112 mm que garantiza un recubrimiento mínimo de grout de 30 mm sobre la barra.

clejes se colgaban del mismo para poder moverlos en la perforación. Para ello se roscaba una tuerca superior y luego se soltaba la apoyada en la placa inferior sobre el fondo del resaca. Así se podían mover los anclajes libremente en la perforación, asegurar su verticalidad y ubicación, para que no quedarán flectados con tensiones residuales al inyectarlos.

**e) Inyección de anclajes**

La inyección de los anclajes se ejecutó con suspensión lechada de cemento a presión atmosférica. Una inyección a presión mayor no es necesaria por tratarse de anclajes en roca. Para la inyección se utilizó una central de inyección y una suspensión con una relación agua-cemento de 0.45 en peso, sin plastificante. Después de inyectados los anclajes se debía verificar que no existieran fugas de lechada. Se esperaba la estabilización del nivel de lechada dentro de la perforación, pues se suponía que la roca estaba parcialmente fracturada de acuerdo a la información existente. Sin embargo, no existieron fugas de lechada apreciables.

**f) Ensayo de aceptación de anclajes**

El 100% de los anclajes fueron sujetos a una prueba de aceptación para verificar la calidad de la ejecución y las pautas adoptadas en el diseño. Las pruebas se realizaron siguiendo el procedimiento de la norma DIN 4125 para anclajes permanentes en roca. Según esta norma, en el ensayo de aceptación se debe alcanzar una carga máxima equivalente al 150% de la carga de diseño. Para el tensado se usó un gato



Dispositivo de carga para la prueba de aceptación de cada anclaje.

hidráulico hueco. Para aplicar la carga se prolongó el anclaje con un tramo de barra de 80 cm de longitud intercalando un manguito roscado. La reacción del gato se transfiere a la parte inferior de la estación mediante dos vigas metálicas. Las deformaciones son registradas por un comparador cuyo vástago descansa sobre un espejo solidario a una placa ubicada en el extremo superior del anclaje y perpendicular al eje del mismo. La base magnética del comparador se apoyó sobre un tramo corto de viga metálica que descansaba sobre la estructura superior de la estación (la cuál es estructuralmente independiente de la inferior, sobre la cuál se aplica la reacción de la carga del ensayo).

Los anclajes aprobaron la prueba satisfactoriamente, cumpliendo la verificación de deformación bajo carga constante (creep) rápidamente y su longitud libre real (calculada a partir de la prueba) dentro de los límites especificado en la norma.

**g) Preparación de resacos, posicionamiento y gruteo de placas**

Se debía hacer un tratamiento de junta fría para la correcta adherencia del grout con los resacos de las estaciones de hormigón armado. Para ello se picó restos de lechada de cemento y pintura, mejorando la adherencia. Luego se cortaron armaduras de la estación y rectificaron los resacos para que pudieran caber holgadamente placas y armaduras. Posteriormente se instalaron tuercas especiales (fabricada según las especificaciones del proyecto), a las que previamente se pegó en la base un

disco de espuma, para que evitar el ingreso de grout al espacio anular entre el anclaje y las paredes de las placas de acero. Una vez colocadas las placas se debían grutear en la posición exacta, por lo que el procedimiento fue muy laborioso para lograr las tolerancias exigidas. Cuando topográficamente se ubicaban las placas se procedía a aspirar los resacos y se le aplicaba el puente de adherencia. El grout se preparaba en un trompo con la proporción dada por el fabricante, se introducía mediante unos perfiles del tipo canal y se dejaba caer lentamente, para luego introducir un vibrador. Después se verificaba la cota del grout y se afinaba.

**h) Tensado final de los anclajes**

Para proceder al tensado previamente se limpió prolijamente los hilos de la tuerca. También se llenó con grasa anticorrosiva el espacio anular entre la tuerca especial y la placa, para ello se inyectó grasa a través de los orificios donde van alojados los tornillos en la placa, dejando dos tornillos opuestos sin poner para que uno sirva de despiche y además verificar en forma visual el correcto llenado. Esta grasa puede ser renovada durante la vida útil del anclaje. Luego, se procedió a su tensado final, para ello los 12 pernos fueron apretados con una llave torque según una secuencia especial hasta alcanzar y comprobar que todos los tornillos tuvieran un torque de 82 Nm que equivalen a la carga de bloqueo de 350 kN. El procedimiento usado permitió alcanzar la carga requerida con suficiente aproximación, por ser la relación torque-carga axial del tornillo conocida.

**i) Acabado final de resacos**

Se debían dejar los resacos gruteados con una terminación adecuada según el plano y limpiar la placa de algún indicio de óxido con una aplicación de vaselina. Terminada la limpieza se procedió a rellenar el pequeño espacio anular entre el anclaje y la placa superior con grasa, para después poner la tapita de plástico que protege la cabeza del anclaje de la corrosión. **BIT**



Posicionado exacto de los anclajes previamente a la inyección.

# PILOTES TERRATEST

LIDER EN FUNDACIONES  
ESPECIALES  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

Presentes en obras de alta tecnología.  
Proyecto Very Large Telescope  
European Southern Observatory  
90 anclajes ISCHEBECK TITAN 52/26



- PILOTES DE GRAN DIAMETRO
- MICROPILOTES
- ANCLAJES POSTENSADOS
- SOIL NAILING (PERNOS)
- INYECCIONES
- MURO PANTALLAS (PARED MOLDADA)
- VIBROFLUTACION (MEJORAMIENTO DE SUELOS)
- DRENES

Representantes

Exclusivos de:

**ISCHEBECK**  
**TITAN**



Anclajes y Micropilotes  
Autoperforantes

Antonio Ballet 77, Of. 201  
Providencia  
Tel.: (56 2) 236 4588  
Fax: (56 2) 236 4812  
[www.terratest.cl](http://www.terratest.cl)

Marque el 50 en su tarjeta de consulta

LO MÁS AVANZADO EN PROTECCIÓN PARA  
ESTRUCTURAS CONTRA EL FUEGO ES:

# Monokote

Mortero Cementicio Proyectable



Incendio del edificio "First Interstate Bank" California

## Propiedades

- Alta Resistencia.
- Baja Densidad.
- Alta Adherencia.
- Fácil y Rápida Aplicación.
- Más de 40 años de Presencia en el Mercado Norteamericano.

**GRACE**  
Construction Products

Puerto Montt 3250, Renca / Fono: 463 2300 Fax: 463 2392

[www.graceconstruction.cl](http://www.graceconstruction.cl)

Marque el 51 en su tarjeta de consulta