

Un puente para el futuro

Trevi y Soilmec participan en la construcción del Puente Chacao en el sur de Chile.



REVISTA HERMANA DE



24. TECNOLOGÍA

Sacyr utilizará tecnología de punta en la ampliación de la Línea 2 del Metro paulista.



28. TÚNELES

El Túnel del Toyo en Colombia será el más largo de América Latina.



34. TECNOLOGÍA

Avances en la producción de la producción de asfalto

Un puente para el futuro

Trevi y Soilmech participan en la construcción del Puente Chacao en el sur de Chile.

Uno de los proyectos viales más ambiciosos de la historia de Chile es la construcción del Puente Chacao, en la isla de Chiloé, al sur del país. Una vez terminado, el nuevo puente conectará la Ruta 5 Sur del país austral (Región 10, Los Lagos) entre el continente y la Isla de Chiloé, cruzando el Canal de Chacao.

Una vez que se complete el proyecto no habrá interrupción entre el continente y la isla de Chiloé. El país estará conectado permanentemente desde Arica, en el norte del país, a Quellón en la isla de Chiloé, a través de la Ruta 5, que se extenderá por 190km. El puente reducirá el tiempo requerido para cruzar el canal a solo tres minutos. Esta es una mejora importante teniendo en cuenta el tiempo de viaje real de aproximadamente 30 a 45 minutos que tarda el ferry en cruzar el canal, sin

tener en cuenta las condiciones climáticas extremas que enfrenta el canal durante las distintas estaciones.

Este proyecto incluye un puente colgante de varios tramos con tres torres de hormigón armado que se encuentran sobre pilotes perforados profundos, dos bloques de anclaje, dos estribos y un viaducto inminente de tres tramos sobre pilares.

Los cimientos del puente, ubicados en el fondo del mar (Canal de Chacao), consisten en pilas perforadas con revestimiento permanente, mientras que la base del área sur, ubicada en la isla de Chiloé, estará en pilas perforadas tradicionales. La longitud del puente será de 2.574 m. Las luces entre el pilón central y el norte se extenderán por 1.553m, mientras que las que se encuentran entre el pilón central y sur cubrirán una longitud de 1.055m, convirtiéndose así en el puente iluminado más largo de Sudamérica.

El puente se ubicará en una región sísmica activa, cerca de un lugar donde en 1960 se registró el mayor terremoto de la historia moderna con una magnitud de 9,5 Mw (este terremoto se asoció con la deformación del suelo en una distancia de más de 800 km con subsidencia hasta 3 m y elevación hasta 6 m. El área del puente se hundió unos 2 a 3 m). Hay al menos diez áreas volcánicas dentro de un área de radio de 200 km que pueden representar centros potenciales de peligro natural. El nivel del mar en la ubicación del proyecto varía con un rango de marea máximo de aproximadamente 6 m; y las corrientes alcanzan velocidades de 5-6 m/seg.

Desde la década de 1970, la idea de una conexión fija entre Chiloé y el continente ha sido considerada como una posible solución de conectividad para el Canal de Chacao. Sin embargo, los estudios de conexión comenzaron solo a partir de la década de



1990, incluida la posible construcción de un túnel y el análisis de diferentes tipos de puentes. Como resultado, el MOP de Chile decidió que el puente colgante era la opción más factible desde todos los puntos de vista.

En 2012 y 2013, el proyecto se consolidó a través del sistema tradicional de construcción pública fiscal, con la creación de un registro de licitación internacional. En diciembre de 2013, el contrato fue adjudicado al Consorcio Puente Chacao (CPC formado por la firma surcoreana Hyundai, la brasileña OAS, la compañía noruega Aas-Jakobsen y la firma francesa Systra para diseñar y construir el puente Chacao).

Tres años después, el diseño del Puente de Chacao fue reconocido con el premio "Be Inspired" en la categoría "Innovaciones de puentes", que consolidó la iniciativa de la Dirección de Carreteras de MOP como un proyecto "vanguardista" en todo el mundo.

Trevi Chile SpA (Trevi) fue seleccionada por el consorcio para llevar a cabo los

cimientos de las pilas de puentes.

El diseño y construcción del proyecto del Puente de Chacao es el proyecto más grande que el MOP ha otorgado, y su finalización traerá más que simplemente integración territorial a los habitantes de la isla de Chiloé.

El proyecto, bajo la responsabilidad de la Dirección de Carreteras del MOP, afectará directamente a los más de 167 mil habitantes de Chiloé y la interacción del archipiélago con el resto del territorio, permitiendo un mayor desarrollo de sus estructuras económicas, educativas y de salud, junto con actividades turísticas y socioculturales. El puente será un hito que, junto con el proyecto de la ruta dual Ruta 5 y la intervención del sistema de carreteras del archipiélago, consolidarán una infraestructura vial necesaria para ayudar al desarrollo y la mejora de la calidad de vida de los Chilotas (habitantes de Chiloé)

Vamos a hablar sobre el Pilón Central, cuyos cimientos ya están terminados, y el Pilón Norte donde Trevi está trabajando actualmente, mientras que para el Pilón Sur se espera que las actividades comiencen en las próximas semanas.

Geología de trabajo en los pilones central y norte

La alineación de la estructura principal del puente en el Canal de Chacao coincide con el afloramiento de roca llamado Roca Remolino, donde se encuentra el pilón central. El perfil generalizado del pilón central se define con una toba de origen volcánico-sedimentario formada por gravas y arenas cementadas de hasta -31 m (roca remolinos, también conocida como roca arremolinada) y luego arena de grano fino a medio con algo de arena redondeada, densa y moderadamente cementada, grava, mientras que, a una profundidad de hasta 65,6 m, hay arena gruesa y gruesa mal graduada. En el área del pilón norte tenemos en la parte superior (aproximadamente 55/60 m) la presencia de arena fina a medianamente verdosa moderada a mediana (origen fluvial), debajo de la cual tenemos una fina formación de limo calcáreo micáceo superpuesto hasta arcillas limosas glaciolacustrinas varvadas con contenidos orgánicos.

Trabajos de cimentación de Trevi

La empresa italiana fue elegida para la ejecución de los cimientos del puente, incluido el pilón central (ya completado), así como los pilones norte y sur, actualmente en proceso de construcción. Los trabajos de cimentación del pilón central consistieron en la ejecución de 36 pilotes con diámetros de 2,5 m de ancho y longitudes de 54 m para pilotes tipo uno y 58 m para los tipos

2 y 3 aproximadamente, cada uno de ellos excavado desde una barcaza.

Las corrientes oceánicas estuvieron entre los desafíos que Trevi tuvo que enfrentar durante la ejecución del pilón central. Eran aproximadamente 528 cm/s en la superficie marina y 192 cm/s en el fondo del mar, causados por el cambio de las corrientes de marea. Además, las condiciones climáticas fueron duras, con vientos fuertes que oscilan entre 18 y 23 m/s (65-83 km/h), una temperatura promedio de 11°C y lluvias torrenciales durante todo el año, con una precipitación promedio de 2000 mm por año. A pesar de lo anterior, el principal desafío técnico que Trevi tuvo que superar fue el tamaño de las pilas, junto con la longitud, el diámetro y el peso de las carcassas de acero permanentes y las jaulas de refuerzo, que implicaban el uso de maquinaria pesada en el espacio limitado disponible en La barcaza. Por lo tanto, la logística y la gestión de proyectos en su conjunto fueron, sin duda, otro gran desafío.

Además de la instalación de la carcassa, los trabajos de perforación y la fundición de hormigón en el pilón central, Trevi estuvo a cargo del ensamblaje de las jaulas de refuerzo y la soldadura de las carcassas de acero. Utilizando un sistema de soldadura moderno, montado dentro de un taller de soldadura deslizante equipado con un equipo especial dedicado a la rotación de las secciones largas de la carcassa durante la soldadura, todas las secciones de la carcassa se ensamblaron a pesar de sus diferentes espesores, para instalar la carcassa permanente en cada pila.

Todas las etapas de soldadura fueron sometidas a estrictas pruebas de calidad antes de ser instaladas. El contratista principal, Hyundai, compró las carcassas de acero.

Las jaulas de acero de refuerzo se ensamblaron por completo en el sitio, en un taller de corte y doblado de acero que agregó hasta dos líneas de ensamblaje ya construidas para este propósito.

Inicialmente, cada sección de la caja de armaduras fue premontada y luego verificada por el equipo de control de calidad del contratista, que verificó todas las juntas para ver si coincidían perfectamente, debido a la tolerancia muy estricta permitida. El departamento de control de calidad del contratista principal inspeccionó todo el proceso de construcción, antes de permitir la instalación de elementos. El contratista también proporcionó las barras de refuerzo de acero.

Trabajos realizados para el Pilón Central

- 36 pilas con un diámetro de ancho de 2500 mm y una longitud de 54 m o 58 m
- Volumen total de hormigón colado sobre



pilotes: 10.713m³

- Varilla de acero utilizada para las jaulas de refuerzo: 2.256 t.

- Acero utilizado para las carcassas de acero: 3.447t, y 24m y 28m de longitud.

El proceso de construcción de los pilotes se adaptó de acuerdo con las condiciones del suelo/roca del sitio y las condiciones extremas de trabajo del Canal de Chacao.

- Fase inicial de la instalación de la carcasa temporal de Ø3.000 mm.

- Pretaladrado con una barrena/cuchara de Ø2.750 mm.

- Instalación permanente de la carcasa y conducción a la posición final.

- Retirada de la carcasa temporal de Ø3.000mm

- Perforación hasta la elevación de diseño con carcasa permanente de Ø2.500 mm
Instalación de jaulas de armadura de acero reforzado

-Hormigón sobre pilote

Debido al espacio disponible limitado en la barcaza elevadora, solo la grúa de servicio y la plataforma de perforación permanecieron a bordo en todo momento, y como consecuencia, el otro equipo pesado y material como el martillo vibratorio, la carcasa temporal, las herramientas de perforación, etc., fueron cargados/ descargados de la barcaza a una plataforma auxiliar en cada ciclo de pilotes.

Las carcassas permanentes y las jaulas de acero de refuerzo también se transportaron cuando fue necesario. Esto destaca el nivel de coordinación de los buques de carga utilizados para cumplir con los requisitos de rendimiento de producción.

Trabajos realizados para el Pilón Norte

-18 pilas con un diámetro de ancho de 2.500 mm y una longitud de 86 m o 90 m

- Volumen total de hormigón colado sobre



pilotes: 5.050m³

- Varilla de acero utilizada para las jaulas de refuerzo: 1538 t

- Acero utilizado para las carcassas de acero permanentes: 3097 t, y 55,65 m y 58,45 m de longitud.

En el Pilón Norte, el sistema de construcción de pilotes difiere sustancialmente del utilizado para el pilón central;

El proceso de construcción se lleva a cabo inicialmente conduciendo las carcassas de 60 m de largo con un martillo hidráulico IHC S-600 y luego excavando la pila hasta el nivel final por medio del sistema RCD utilizando un equipo Wirth 818. Para ambas pilas perforadas con pilón, se usó lodo polimérico estabilizador.

Equipos usados

Para llevar a cabo los trabajos en alta mar, Hyundai, el contratista principal, proporcionó una barcaza de 50m x 28m equipada con cuatro patas de soporte largas (elevables) Pioneer III, con una capacidad de 3.600t junto con una plataforma fija, donde se encontraba la planta de hormigón.

Durante la actividad de Pilón Central, el gato alojó una grúa de servicio de 400

toneladas provista por el contratista principal y la plataforma de perforación Soilmecc SA-40 con un torque de 423 kNm, capaz de perforar diámetros de hasta 4.000 mm de ancho y montada en una grúa Soilmecc SC-120, más una planta de polímeros de 450 m³ para la producción y el tratamiento de la mezcla de polímeros de perforación para estabilizar los pozos.

El Vibro-martillo PVE 200, provisto por Trevi, también fue parte del equipo. Para la construcción de Pilón Norte se instaló una grúa de servicio de 600 t en el gato junto con un martillo hidráulico IHC S-600 y un martillo vibratorio PVE 200M para la primera fase de conducción de la carcasa permanente, mientras que durante la fase de perforación se realizó una perforación RCD La plataforma Wirth 818 se ha utilizado además de una planta externa de polímeros de sedimentación instalada en la plataforma temporal ubicada cerca y una planta de producción de lodos de polímeros de aproximadamente 1000 m³, instalada a unos 300 m de distancia en tierra, para mantener un suministro continuo durante la perforación de pilotes.

Trevi organizó otros equipos auxiliares para cumplir con los requisitos de producción establecidos para el proyecto. Estos incluyeron un marco de guía para la alineación de la carcasa y una catapulta para la descarga de la carcasa de acero desde el recipiente de transporte hasta el gato.

El proyecto del Puente Chacao está actualmente en progreso y el pilón central está terminado.

Las obras para los pilones norte y sur ya comenzaron y Trevi es el subcontratista adjudicado para su ejecución. **C**

TREVI

www.trevi.espa.com