



– El Chacao, en la actualidad el puente colgante más largo de Sudamérica en construcción, comenzó a levantarse sobre el mar. A continuación, los avances de esta obra de ingeniería en el fin del mundo.

PUENTE
CHACAO

EN EL FIN DEL MUNDO

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

U

N GIGANTE se levanta sobre el Canal de Chacao. Con una longitud total de 2.750 m, el puente Chacao unirá los sectores de Punta Coronel en el Continente y Punta Gallan en la Isla de Chiloé.

La estructura será del tipo colgante continuo en dos tramos, de 1.155 y 1.055 m en los lados norte y sur, respectivamente, con cuatro pistas de circulación de 3,5 m cada una con berma exterior de 1,5 m, para una velocidad de circulación de 80 km/h. Se apoyará en tres pilas con alturas de 157 m (Pila Sur), 175 m (Pila Central) y con 199 m (Pila Norte).

FICHA TÉCNICA

Ubicación: Canal de Chacao, Provincias de Llanquihue y Chiloé, Región de Los Lagos, Chile.

Consorcio Constructor: Consorcio Puente Chacao. Hyundai SYSTRA - AAS JAKOBSEN.

Mandante: Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Asesoría Técnica: R&Q - Cowi.

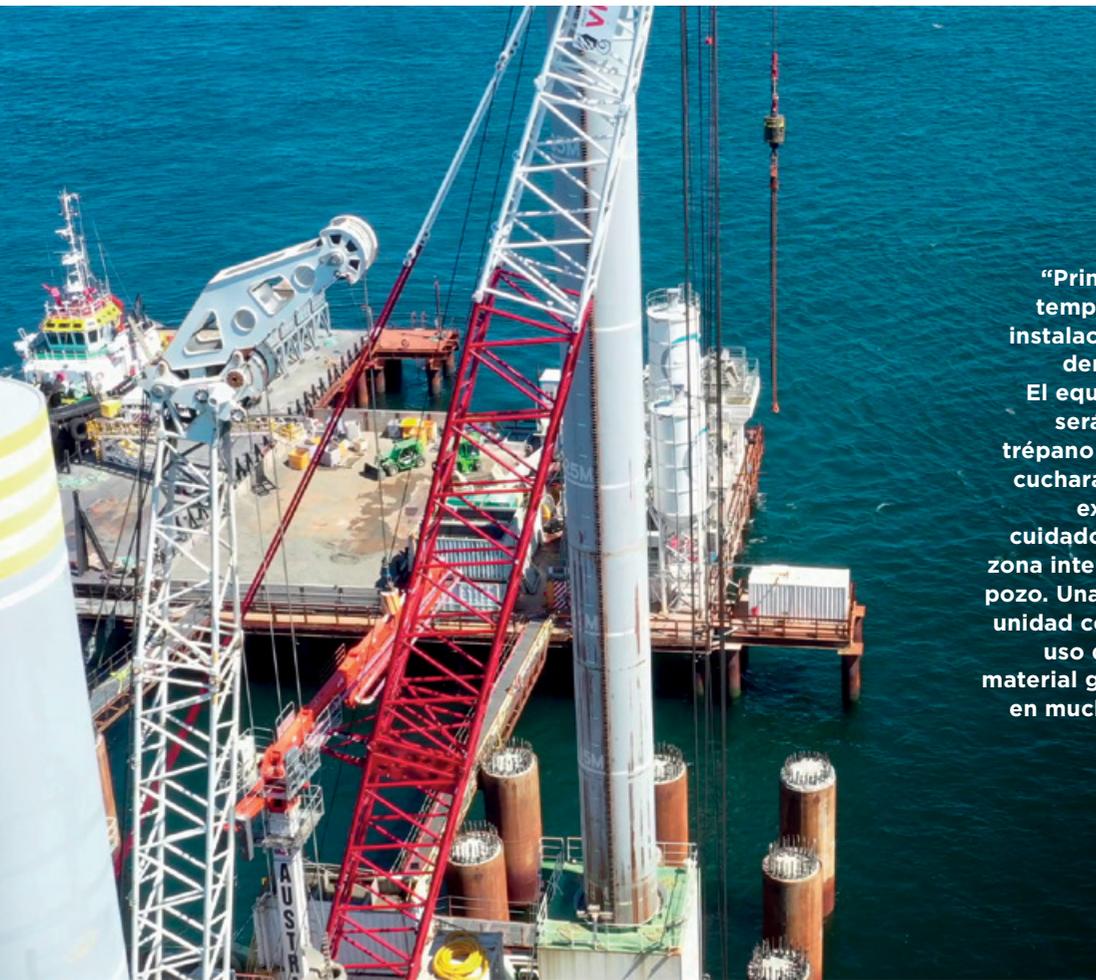
Inicio construcción: Primer Semestre 2018.

Plazo contractual: 2.379 días corridos.

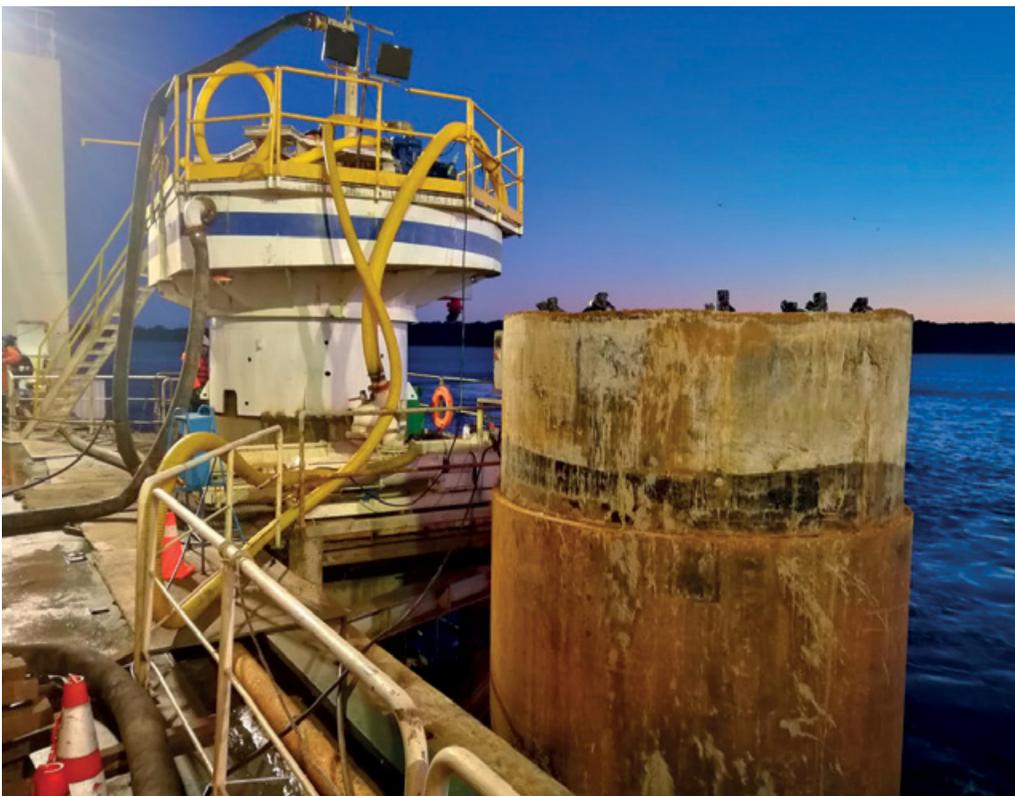
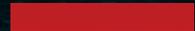
Monto Inicial del contrato: \$360.134.000.000

Reajuste: Según IPC, Índice Base Octubre 2013.





“Primero se posiciona una camisa temporal para luego proceder a la instalación de la camisa permanente dentro del pozo de perforación. El equipo de perforación del pilote será a través de una cuchara con trépano que al momento de retirar la cuchara para desprender el material excavado, debe subir en forma cuidadosa tratando de no golpear la zona interna de la camisa inserta en el pozo. Una vez traspasado el caprock o unidad cementada, el contratista hará uso de una perforadora apta para material granular, el cual está presente en mucha menos compacidad que la capa anterior”, adelantan desde el MOP.



Para la estabilización de las paredes, además de las camisas utilizadas (las que no se extienden en toda la longitud de perforación), se utilizarán lodos poliméricos estabilizadores. Una vez asegurado el pozo y terminada la perforación, se procede a la limpieza del fondo de la excavación para la colocación de la armadura de refuerzo de los pilotes, sección por sección.



Las fundaciones del puente y viaducto de acceso sur, se han diseñado en base a pilotes que, en el caso de la Pila Central emplazada sobre la denominada Roca Remolino, "consideran 36 pilotes pre excavados de hormigón armado de 2,5 m de diámetro (no aplicado anteriormente en Chile para puentes de acuerdo lo señala el MOP) y 50 m de longitud promedio, con una camisa metálica en los primeros metros del pilote, de espesor máximo de 70 cm, que aportará la resistencia estructural al pilote, protegiendo al hormigón armado del ambiente marino. Solo en esta fundación se utilizarán 10.700 m³ aproximadamente de hormigón y alrededor de 5.600 t de acero estructural y de refuerzo", destacan desde la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Las obras se iniciaron el primer semestre de 2018 con la fundación de la Pila Central, para lo cual ha sido necesario el uso de la plataforma marina móvil Pioneer III (Jack Up), en el centro del Canal de Chacao en la posición de la Roca Remolino, además de grúas de gran tonelaje (450 t). A abril pasado, se habían ejecutado 23 de 36 pilotes proyectados. Una obra de ingeniería en el fin del mundo.

PILA CENTRAL

El puente Chacao es un desafío en sí mismo, particularmente por su ingeniería y a las condiciones de terreno en las cuales se emplaza. El canal presenta profundidades de hasta 120 m, velocidades de corriente de 18 km/h y una velocidad de viento que puede superar los 200 km/h. Sumado a ello, la zona está ubicada a pocos km del epicentro del mayor sismo registrado en el mundo (9.5° Richter Valdivia en 1960).

A la fecha, la construcción ha debido enfrentar los desafíos propios de un megaproyecto. Los retos comienzan con la construcción de la Pila Central, a través del transporte de las camisas que son suministradas en módulos de 28, cuyo peso alcanza las 96 toneladas. Las jaulas con armadura de refuerzo que

Solución Integral en Entibaciones Metálicas

- Sistemas de cajones KS-60 (Para bajas profundidades)
- Sistemas de cajones KS-100
- Sistemas con guías deslizantes:
 - Sistema corredera (4-6 metros)
 - Sistema paralelo (5-8 metros)

Sistema esquinero para pozos, cámaras y plantas elevadoras

**RAPIDEZ
SEGURIDAD
EFECTIVIDAD**

Casa Matriz

Flor de Azucenas 42 OF. 21 - Las Condes
Fono: (56 2) 2241 3000 - 2745 5424

Guillermo Schrebler
gschrebler@krings.cl

www.krings.cl



Posteriormente se instala la tubería tremie para luego inyectar por este medio el hormigón que conformará el elemento. El vertido del hormigón especifica una altura de caída de entre 25 a 30 cm del fondo de la excavación. Las características específicas del hormigón a utilizar es un G30 (10) 20/20 conforme a las especificaciones técnicas que el proyecto definió y la estrategia de durabilidad requerida.



forman parte de la estructura de cada pilote, tienen un peso de 62 t, transportadas en barcasas de servicio de gran tonelaje, aprovechando los momentos de marea baja (plazos que son acotados a diario, dado que la corriente y el nivel del mar cambia durante el día).

El tamaño y los grandes volúmenes de los pilotes y distintos elementos de hormigón que tiene la Pila Central, requieren la implementación de una planta de hormigón offshore (de Ready Mix) instalada en una plataforma ubicada en la zona de Roca Remolino.

Cada pilote requiere de más de 300 m³ de hormigón que debe verterse en una jornada continua, obligando al equipo de hormigonado a trabajar en turnos 24/7.

Las tareas que se están llevando a cabo en la plataforma Jack Up en la Roca Remolino, obedecen directamente a la construcción de la fundación de la Pila Central como primera etapa constructiva dentro del proyecto total. Ésta contempla la construcción de 36 pilotes y su respectivo encepado, que conformarán el apoyo para la pila central de la estructura

del puente. “La razón para iniciar los trabajos en esta zona fue la necesidad de coordinar los trabajos directamente a realizar con el uso de plataformas tipo Jack Up y cumplir con la ruta crítica trazada para el proyecto”, destacan desde Vialidad del MOP.

Como ya se mencionó, la fundación de la pila central consta de 36 pilotes de hormigón armado de 2,65 m de diámetro con un encamisado de acero permanente que aporta resistencia estructural y recubre al elemento. Esta fundación contempla un volumen de hormigón que supera los 10.700 m³ y alrededor de 5.600 t de acero estructural y de refuerzo. La Pila Sur, por su parte, contempla la utilización de más de 5.300 m³ de hormigón y 1.300 t de acero de refuerzo mientras que la Pila Norte se conformará por 8.400 m³ de hormigón y 4.600 t de acero estructural y de refuerzo.

“El puente tendrá un tablero ortotrópico tipo cajón con cuatro pistas de circulación con un ancho mínimo de 3,5 m cada una. Los macizos de anclaje norte y sur tendrán un volumen de hormigón armado de 28.000 m³ y 25.200 m³ respectivamente”, detallan desde Vialidad del MOP.



El tamaño y los grandes volúmenes de los pilotes y distintos elementos de hormigón que tiene la Pila Central, requieren la implementación de una planta de hormigón offshore, instalada en una plataforma ubicada en la zona de Roca Remolino.

ANCLAJES

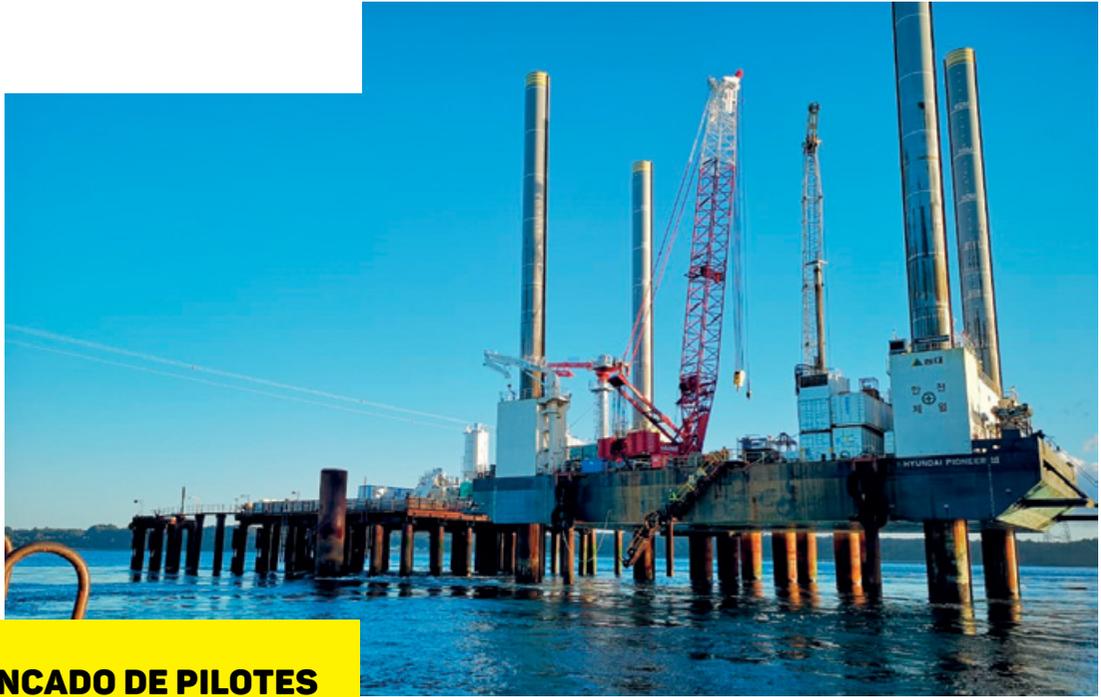
En términos constructivos y por la envergadura de la obra y su tipología, se requiere de la construcción de dos macizos de anclaje en ambas riberas (norte y sur) que aportarán gran masa para la resistencia de los esfuerzos a los que se verá sometido el puente, los cuales serán transmitidos en su totalidad por el sistema de cables principales que lo conforman. Los anclajes contemplan un diseño de carácter gravitacional, que se empostrarán en el suelo de ambas riberas.

“La fundación de los anclajes es directa y en tres etapas. La primera es la excavación propiamente tal, luego el despeje de la zona y, finalmente, el proceso de hormigonado. Debido a que este proceso obedece a un hormigón masivo, se considerarán los efectos del calor de hidratación para prevenir el agrietamiento de los elementos, razón por la que el procedimiento se realizará de manera secuencial a través de un plan de hormigonado diseñado para ello”, complementan desde la Dirección de Vialidad.

La excavación de los anclajes se inicia con la ejecución de taludes a razón de 1:1 hasta el nivel inferior donde van ubicadas

las respectivas sillas del elemento (10,5 m de profundidad para el bloque norte y 17,4 m para el bloque sur). La protección contra la erosión de los taludes contempla el uso de geotextiles. La segunda etapa corresponde a la excavación hasta el nivel de fundación con caras verticales, frontales y laterales estabilizadas con aplicación de hormigón y anclajes o una estructura temporal, considerando una pendiente de 1:1 en la cara posterior.

La construcción del anclaje contempla primero la colocación del hormigón luego de ejecutadas las obras de excavación, considerados como hormigones masivos para cada anclaje respectivamente y que oscilan, aproximadamente, entre 25.000 m³ a 28.000 m³ de concreto, equivalente a 71.000 toneladas de material vertido en dicha excavación, además de las 2.800 t consideradas por concep-



HINCADO DE PILOTES

El proceso de hincado para las camisas de los pilotes de la Pila Central contempla la alineación vertical de la estructura a hincar, utilizando técnicas y procedimientos con una precisión adecuada, ya que el control en trabajos off-shore es sumamente complejo y requiere de instrumentación especializada. Adicionalmente, este proceso de hincado se concreta con el uso de un vibro martillo, una vez que la camisa se baja y se fija con los dispositivos de montaje a su posición inicial.

SISMICIDAD Y VIENTOS

Dos retos centrales marcaron el desarrollo del proyecto. Los vientos de la zona y la sismicidad. Los estudios de viento contemplaron sensores permanentes suspendidos de las dos torres de celosía en la zona de entrada del estribo norte y sur. Adicionalmente, se realizó una prueba en túnel de viento del puente completo con el objetivo de verificar la estabilidad aeroelástica en etapa de servicio. Las condiciones a evaluar en esta prueba fueron de flujo suave y turbulento. El modelo aeroelástico sometió a la estructura a velocidades dentro de un rango de 5 m/s a 75 m/s para analizar su respuesta estructural, considerando dos direcciones del flujo, desde 0° (flujo perpendicular a la línea del puente) y desde 30°. Los análisis reportaron las series de modos participantes para el tablero y pilas en sus alturas críticas vulnerables a la acción del viento.

Por su parte, los impactos sísmicos son un gran desafío para la zona de emplazamiento de la estructura, considerando que en el año 1960 experimentó el mayor terremoto registrado en la historia. De acuerdo a lo requerido en las bases de licitación, el Consorcio Puente Chacao estableció una red sismológica local con ocho estaciones de las cuales cuatro pasan por la falla del Golfo de Ancud para determinar actividad posible dentro de los 100 años de vida útil proyectada de la estructura, con un período de retorno de 1000 años.

El puente comprende la instalación de 6 apoyos de aislamiento sísmico los que se distribuyen en la Pila Sur y estribo con tres unidades respectivamente cada uno. Su finalidad es proporcionar soporte vertical a la superestructura para todas las condiciones junto con soporte lateral para las cargas de resistencia y servicio.

El Chacao, en la actualidad el puente colgante más largo de Sudamérica en construcción, se levanta sobre el mar, en el extremo sur de Chile. Ingeniería en el fin del mundo. ■

to de armadura de refuerzo para cada anclaje. De forma secuencial se construirá el bloque de anclaje, la pilastra de la silla y la pared de la cámara de la misma. Finalmente, la colocación del hormigón del cobertizo en la cámara de la silla se realizará una vez terminadas las maniobras de instalación del cableado. En la planificación se considera tener construido el estribo antes del anclaje.

“El cable principal del puente se constituirá a través de torones conformados cada uno por 127 alambres prefabricados en paralelo (PPWS), confeccionados de acero galvanizado con diámetros de los alambres que conforman los torones de 5,40 mm -incluido el recubrimiento de zinc- con resistencias a la rotura de 1860 MPa y un módulo de elasticidad de 200.000 MPa”, detallan desde Vialidad.

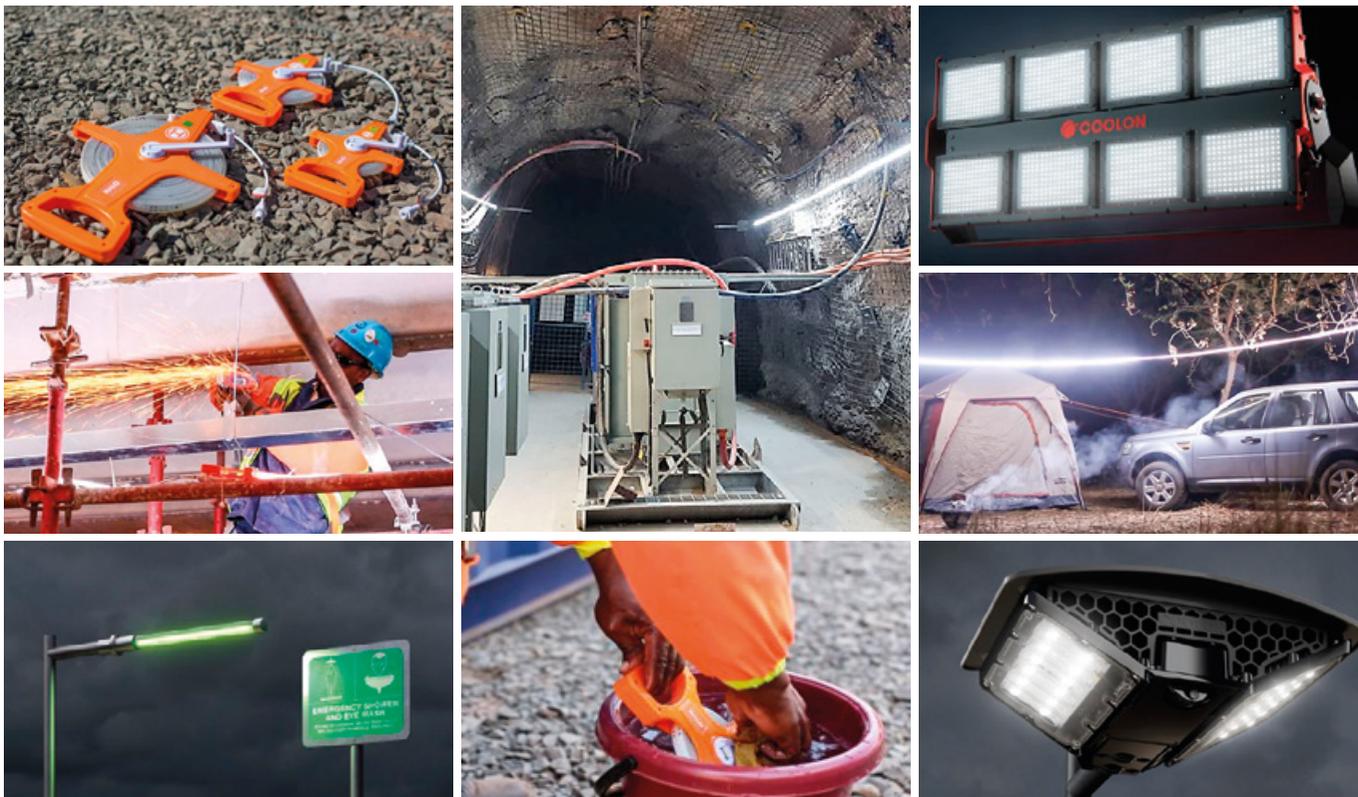
El cable principal luego será enrollado con un alambre redondo de 3,5 mm de diámetro junto a un recubrimiento elastomérico, los cuales serán compactados para dar forma al elemento completo.



INVES ING SPA[®]

Solo con una iluminación de calidad asegura su inversión en productividad con rentabilidad efectiva de su proyecto.

Inves Ing SpA, suministro de equipos y cintas de iluminación Led de alta tecnología con la mejor calidad existente en el mercado, un producto de clase mundial, no existen otras cintas Led con las ventajas técnicas y económicas de nuestros productos.



Un adecuado nivel de iluminación permite disminuir considerablemente la tasa de accidentes.

 **INVES ING SPA[®]**

Avda. Apoquindo 6410, Of 605. Las Condes, Santiago Chile

Teléfonos: 56-2 2840 9587 / 56-9 9824 9348

Email: contacto@invesing.cl