

■ Cámaras en miniatura, dispositivos para medir temperatura y presión, ropa en base a fibras de cobre, comida “retermalizada” y cápsulas de rescate para sacarlos a la superficie, son sólo algunos de los desarrollos tecnológicos que ayudaron a mejorar la estadía de los mineros y a materializar su posterior rescate a 700 metros. ■ Un rescate con innovación.

OPERACIÓN SAN LORENZO

RESCATE CON INNOVACIÓN

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

EL FACTOR CLAVE en el exitoso rescate de los 33 mineros fue la innovación. La ciencia y tecnología combinadas cumplieron un rol vital. Revista BIT repasa los novedosos implementos de seguridad, salud y de comunicaciones que ayudaron a mejorar la estadía de los 33 mineros de San José. Un rescate con innovación.

CÁPSULAS FÉNIX

A medida que avanzaban los sondajes, se comenzó a pensar en cómo sacar a los mineros atrapados. Manuel Montecinos y Manuel Kuwahara, ambos de la Gerencia de Minas de División El Teniente, y encargados de la parte operativa del rescate, comenzaron a barajar ideas. Montecinos contactó al ingeniero mecánico y ex trabajador de El Teniente, Alejandro Poblete, quien a partir de un tubo de papel higiénico y palitos de brochetas, y tras varios prototipos, dio con el diseño final de la cápsula Fénix 2. La clave de su invento fueron las ruedas laterales, para que la jaula no se golpeará en las paredes del ducto.

Así, y durante las 22 horas y 35 minutos que duró el operativo, la cápsula Fénix 2 se convir-

tió en la gran protagonista. A Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR), le fue encomendado el diseño básico y la fabricación de tres jaulas de rescate, Fénix 1, 2 y 3. El diseño consistía en un cilindro de 620 mm de diámetro y 2.400 mm de alto en plancha de 3 mm, con el propósito de evaluar los espacios disponibles para los mecanismos que debían incorporarse en su interior. El 6 de septiembre se informa el diámetro final de la perforación en

curso, por lo que se debió disminuir el diámetro del prototipo a 540 mm, iniciándose la elaboración de la estructura del primer diseño.

Terminada la fabricación de la Fénix 1, ciertos procesos quedaron estandarizados, con lo cual se tuvo tiempo para efectuar mejoras dimensionales y de diseño, aplicadas a la Fénix 2. Algunas de ellas consistieron en cambiar el sistema de cierre de la puerta, aumentar la cantidad de botellas de aire (de 3 a 4), disminuir la distancia mínima de las ruedas (de 10 a 5 mm sobre el diámetro de la jaula), e incorporar un tope de goma en el límite de su carrera.

Finalmente la Fénix 2 fue la jaula utilizada en el rescate, construida en su envolvente con planchas de acero grado B de 5 mm de espesor, la base del cáncamo de izado fue de 16 mm y 10 mm, el material desplegado (rejilla) fue de 4 mm aligerando el frente y costado de la jaula, y creando un estructura resistente. El método de desacople debía ser simple, por lo que se utilizó un sistema de trinca y cuñas, muy similar a las puertas de buques, en que la parte superior se embutía en el habitáculo (espacio donde viajaba el minero), desde el cual se sostenía el cáncamo de levante.

Mientras se construía la Fénix 2, se solicitó



GENTILEZA HUGO INFANTE - GOBIERNO DE CHILE



FOTOS 1, 2 Y CENTRAL HUGO INFANTE - GOBIERNO DE CHILE. FOTOS 3 Y 4 ASMAR

1

2

3

4

CÁPSULA FÉNIX 2

- 1. Plataforma de 10 m de altura, que forma parte del sistema de izado.
- 2. Rescatistas desarrollan pruebas a escala real.
- 3. Habitáculo interior de la Fénix 2.
- 4. Detalle de las ruedas de la cápsula.

la construcción de la Fénix 3, pero con medidas distintas, su diámetro era de 510 mm, altura de 3227 mm y sin sistema de desacople o vía de escape. La Fénix 2 recorrió un total de 48,7 km en 78 viajes y trasladó a 39 personas, demorando cada ascenso en promedio unos 12 minutos. www.asmar.cl

HUINCHE

Como equipo de rescate “definimos no descuidar los estándares de seguridad”, comenta Fidel Báez, gerente corporativo de proyecto minería subterránea de Codelco. Un punto clave en el día mismo del rescate era el izamiento de la cápsula Fénix 2. Los huinches

estándar y las grúas no se encuentran acondicionados para elevar seres humanos. “Tuviémos la fortuna que nos ofrecieron un huinche con estándar para personas, a través de la empresa austriaca OESTU - Stettin, que se encontraba trabajando en Chile en la central hidroeléctrica La Confluencia, recientemente inaugurada”, recuerda Báez.

El huinche había concluido sus labores y se disponía a retornar a Austria, por lo que estaba disponible para ser ocupado de inmediato. “Reunía todas las características de izaje de personal para faenas mineras, con una plataforma soportante de 10 metros de alto y un control centralizado para hacer las

maniobras”, prosigue el ejecutivo de Codelco. De no contar con este huinche, la opción B era un camión que tenía incorporado un huinche, cuya capacidad era de tres a cuatro veces la capacidad de izamiento. www.oestu-stettin.at

SISTEMA DE COMUNICACIONES

Otra innovación clave fue la comunicación constante que se mantuvo con los trabajadores atrapados. Los requisitos técnicos eran exigentes: un espacio reducido por el cual ingresar los insumos y que soportaran la humedad y temperatura interior (35° C).

La imagen nítida del primer rescatista de

Imágenes emitidas por el sistema de comunicación que fue instalado en la galería de la mina.



GENTILEZA HUGO INFANTE - GOBIERNO DE CHILE



GENTILEZA INDURA



Sistema utilizado para el suministro de una mezcla enriquecida con oxígeno que se dispuso en el interior de la Cápsula Fénix 2.

LOGÍSTICA

Maquinaria de gran tamaño, una población flotante en su peak cercana a las 1.000 mil personas, campamentos para prensa, familiares y equipo técnico, entre muchas otras condicionantes, hacían del campamento Esperanza una ciudad con vida propia, pero al mismo tiempo con restricciones logísticas en torno a los espacios físicos. “Se sumaba el hecho de que estábamos trabajando en una zona que la topografía no permitía una instalación de una infinidad de máquinas, por lo tanto, hubo que hacer una selección y ver cuántas se usarían y cuáles”, comenta Fidel Báez de Codelco.

Codelco, Manuel González, llegando a los 622 m y tomando contacto con los mineros, dio vuelta al mundo. Esto gracias a una cámara de alta definición instalada en la galería de la mina, días atrás. Estas imágenes se lograron captar gracias al desarrollo tecnológico de Micomo, empresa filial de Codelco. La iniciativa buscaba servir de apoyo y orientación al operador del sistema de izamiento de la cápsula Fénix 2. Por ello es que se enfocaba al ducto al lugar donde arribó la jaula.

“El sistema utiliza un cable de fibra óptica que une la superficie con la galería a través de uno de los sondajes”, comenta Luis Felipe Mujica, gerente de tecnología de Micomo. Cuando se supo que el rescate demoraría meses y no semanas, se desarrollaron dos sistemas en paralelo, uno que era con cable TT y otro con fibra óptica. Se colocó un PAD telefónico junto a un sistema de cables en la paloma. Por el pozo que se habilitó para las comunicaciones se bajó el teléfono y posteriormente la fibra. La tecnología era conocida por la gigante estatal, ya que es la misma que ocupa en sus faenas mineras. De hecho, en la

actualidad la usan para monitorear el comportamiento de la roca al interior de la mina subterránea El Teniente. Además, se utiliza para monitorear las partículas de aire que hay en Codelco Norte. www.micomo.cl

OXÍGENO

La empresa INDURA fue parte de las maniobras de oxigenación durante el tiempo en que estuvieron bajo tierra y durante la fase de operación de rescate. El día “D”, la compañía contribuyó con el diseño de un sistema para el suministro de una mezcla enriquecida con oxígeno en un espacio reducido como la Fénix 2. Luego de un análisis con los especialistas médicos, Codelco y Asmar, se diseñó un sistema que contempla la utilización de cilindros de alta presión para el almacenamiento de aire enriquecido con oxígeno, compuesto por un 40% de oxígeno y 60% de nitrógeno. El procedimiento durante cada izaje contempló un rack de 4 cilindros con la mezcla especial. Además este sistema contó con una autonomía de 112 minutos para alcanzar un consumo de hasta 30 litros por minuto.

Pero no fue todo. A lo largo de los más de dos meses que se extendió el operativo, la compañía suministró O100 y Oxyenergy. Ambos productos, oxígeno medicinal al 100% y aire enriquecido con oxígeno al 90%, respectivamente, iban contenidos en envases de aluminios individuales y fáciles de utilizar, y fueron enviados a través de las “palomas” para aliviar la falta de oxígeno del ambiente y mejorar la calidad del aire.

Con el fin de cubrir las necesidades de los mineros y para que recibieran una atención inmediata, una vez la jaula en superficie, la ACHS y el equipo médico de la Armada, trabajó en coordinación con INDURA y su área médica, para equipar la zona de urgencia, Triage, sala de estabilización y observación, con equipos médicos como máquina de anestesia, monitor de signos vitales, equipos de oxigenoterapia portátiles, entre otros, proporcionados por la empresa Oximed. www.indura.net

PROTOCOLO MÉDICO

A nivel de salud y seguridad, nada se improvisó. “Durante los 70 días se elaboraron pautas y protocolos inéditos, creados en la medi-



GENTILEZA ACHS

da que se tenía que solucionar problemas o anticipar la aparición de patologías oportunistas”, comenta Alejandro Pino, gerente de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), que lideró las operaciones en terreno desde San José. Entre sus responsabilidades destacan el diagnóstico del estado de salud de los trabajadores tras 17 días con poca alimentación. “Se utilizó toda la tecnología disponible para un concepto de medicina operada a distancia, sin el médico presente, más allá de una comunicación telefónica o video conferencia”, prosigue Pino. Establecer un protocolo adecuado de hidratación y alimentación paulatina que no provocara trastornos mayores en el período de recuperación. El proto-

colo contemplaba que, izado el minero a la superficie, sería revisado de pie en la cápsula por el doctor de la Armada de Chile, Andrés Llarena, quien en un rápido examen estableció su condición, que en todos los casos fue óptima. www.achs.cl

HOSPITAL DE CAMPAÑA

Mientras se afinaba el operativo de rescate, “nuestra misión fue construir la zona de emergencia que recibió a los mineros una vez

Pautas y protocolos médicos inéditos se enviaban a través de las palomas. El objetivo era que los 33 mineros los pusieran en práctica antes de salir a la superficie.

rescatados, hasta que el último minero fue enviado al Triage para su revisión médica, y posterior descanso y encuentro con sus familiares”, comenta Cristian Goldberg, gerente general de Tecno Fast Atco, empresa que facilitó la estructura modular.

Se dispusieron 32 módulos para levantar una Zona de Emergencia, compuesta por un Triage y una Zona de Descanso, que abarcó 525 m cuadrados. El Triage se levantó en menos de 36 horas y se entregó a las autoridades el mediodía del martes 12 de octubre, 9 horas antes de comenzar el rescate. Las instalaciones estaban compuestas por 13 módulos acondicionados, con una sala de primeros auxilios y un policlínico, además de baños y duchas. El hospital estaba conformado en su estructura por vigas perimetrales en base a canales de 100x50x2 y vigas perpendiculares

BIT 76 ENERO 2011 ■ 41

the co.

Llegar a ser el número **uno**
no era lo más importante.
Pero alguien tenía que hacerlo.



DecoCenter, Avda Nueva Costanera 3996, Vitacura.
Fábrica: Avda Einstein 678, Recoleta.
Y RED DE DISTRIBUIDORES EN TODO CHILE.
www.carpenter.cl



CARPENTER

Más que una marca, una filosofía.



2



1

GENTILEZA BURGER GRUAS



3

GENTILEZA TECNIO FAST ATCO

HOSPITAL DE CAMPAÑA

1. Arribo y descarga de los módulos del hospital.
2. Instalación de los paneles y detalles interiores de la construcción modular.
3. Panorámica del hospital montado en el campamento Esperanza.

para soportar plancha de piso en base a canales de 100x50x2. Su montaje requirió de maquinaria especial. "Levantamos el hospital con una grúa hidráulica auxiliar de apoyo de 400 toneladas-metro", comenta Raúl Burger, gerente general de Grúas Burger, empresa que montó el hospital. La logística del traslado de los equipos se efectuó en tiempo récord, lo normal son 3 días y se hizo en 1,5, gracias a la ayuda de instituciones como Carabineros y el MOP que se unieron a este compromiso. www.tecnofastatco.cl; www.burgergruas.com

ALIMENTACIÓN

El proceso de elaboración de los alimentos, a cargo de la empresa Aramark, constó de cuatro etapas: Producción, sellado al vacío, traslado y entrega a mineros. La producción se realizó en las instalaciones de Cook & Chill de minera Candelaria, ubicada en Tierra Amarilla, Copiapó. Luego de su elaboración, las 33 porciones eran envasadas al vacío, lo que permitía mantener la integridad de los alimentos durante un período cercano a 14 días en condiciones de almacenamiento en torno a los 3° C.

Posteriormente eran trasladadas cerca de 70 km hasta la mina en un equipo móvil des-

tinado para el traslado de los alimentos y acondicionado para mantener y asegurar la cadena de frío. Finalmente, cada porción era vuelta a temperar en hornos especiales en un centro de rethermalización, instalado en el yacimiento, para ser introducida en la paloma.

El sistema de alimentación que incorpora la tecnología Cook & Chill (cocinar y enfriar) es un modelo logístico eficiente y seguro para proveer servicios culinarios en locaciones complejas, puesto que permite enfriar el centro del alimento a una temperatura de 3° C en 90 minutos, asegurando la inocuidad de ellos.



GENTILEZA ARAMARK

Alimentos sellados al vacío, horas antes de ser enviados, a través de las palomas, hasta los 700 m bajo tierra.

Así, y desde el 9 de septiembre, Aramark ofreció diariamente a los mineros un total de 165 servicios de alimentación, lo que significa que se otorgaron un total de 5.150 raciones de alimentos entre desayunos, colación, almuerzos, onces y cenas. Se requirió un total de 650 kilos de alimentos. Asimismo, el envío de raciones significó un total de 465 bajadas de las palomas hasta el refugio. www.cdr.cl

INDUMENTARIA E IMPLEMENTOS

Textiles y distintos implementos se aplicaron en el rescate. Los buzos usados por los 33 mineros para salir a la superficie, estaban confeccionados de un material llamado 'hipora', que aleja la humedad del cuerpo, tela microporosa que permite que el sudor se evapore y por el exterior es de poliuretano, que evita que el agua exterior se ponga en contacto con la piel. Los lentes de sol usados de marca Oakley, los protegieron de lesiones oculares, principalmente en sus retinas, por el cambio de intensidad de la luz al momento de llegar a la superficie. Para la seguridad de sus cabezas, un casco implementado con un dispositivo de audio y video, linterna y micrófonos enlazados, con el que en todo momento del izaje, pudieron estar en contacto con la unidad de rescate. Para completar el atuendo, llevaban puestos unos cinturones donados por la empresa Zephyr Technology, con los que los especialistas lograron conocer en tiempo real la frecuencia cardíaca, respiración, saturación sanguínea, presión arterial y temperatura corporal periférica, mientras los izaban en la cápsula Fénix 2.

Hay más. La empresa The North Face envió

Sistemas Solares Junkers. Máxima eficiencia por 20 años o más.



Soluciones integrales en proyectos solares

- ▶ Amplia gama de productos
- ▶ Evaluación proyectos
- ▶ Ingeniería de detalles
- ▶ Capacitación de sus instaladores
- ▶ Supervisión
- ▶ Instalación Junkers
- ▶ Contrato de mantención



JUNKERS
Grupo Bosch

www.junkers.cl

E-mail: info@cl.bosch.com

Fono: (2) 782 0200 - Fax: (2) 782 0300



GENTILEZA ACHS



GENTILEZA NORTH FACE

1



GENTILEZA OAKLEY

3



GENTILEZA COPPER ANDINO

4



GENTILEZA ZEPHYR TECHNOLOGY

5



GENTILEZA HUGO INFANTE
- GOBIERNO DE CHILE

6



7

INDUMENTARIA Y EQUIPOS

1. Polera con protección ultravioleta.
2. Buzo de tela hipora que se utiliza en condiciones extremas.
3. Lentes puestos a los mineros al llegar a la superficie.
4. Calcetas deportivas con fibras de cobre.
5. Cinturones que median frecuencia y amplitud ventilatoria, además de ritmo cardíaco.
6. Monitor que reproducía en tiempo real, las mediciones de cada uno los mineros.
7. Cápsula similar a un beeper. En su parte superior posee un sensor infrarrojo que mide la temperatura del cuerpo.

a cada minero, tres poleras con factor de protección ultravioleta y shorts hechos con tecnología de carbón de bambú. La empresa nacional Textil Copper Andino, donó calcetines fabricados con fibras de cobre. "El hilado con cobre genera una zona de protección en su entorno eliminando bacterias, hongos y virus que entran en esta zona. Los calcetines regalados a los mineros fueron los primeros calcetines fabricados en Chile en el desarrollo de este proyecto", comenta Luis Amestica, gerente comercial de la empresa.

www.thenorthface.cl;

www.copperandino.com; www.oakley.com;

www.zephyr-technology.com

Bajo tierra y en superficie la tecnología dijo presente. Un rescate con innovación. ■

ARTÍCULO RELACIONADO

- "Los 33 mineros de San José. Rescate bajo Tierra".
Revista BIT N° 76, Enero de 2011, pág. 30.

■ EN SÍNTESIS

Tecnología de última generación marcó presencia en el rescate de los 33 mineros de San José. Desde las cápsulas de rescate que los transportaron hacia la superficie, pasando por ropa exclusiva para soportar las exigentes condiciones bajo tierra, hasta alimentación y oxígeno especialmente diseñados para los trabajadores.