

# **MANTEMIN2008**

**III ENCUENTRO INTERNACIONAL DE  
MANTENEDORES EQUIPOS MINA**

## **EDITORES**

Patricio Guzmán & Raúl Stegmaier  
*5-7 de Noviembre, 2008. Santiago, Chile*

**Derechos de Impresión**

© Copyright 2008. GECAMIN Ltda.

Registro de Propiedad Intelectual N° 175016

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro, incluido el diseño de la portada, puede ser reproducida, transmitida o almacenada, sea por procedimientos mecánicos, ópticos, químicos o electrónicos, incluidas las fotocopias, sin permiso escrito de Gecamin Ltda.

Portada diseñada por Gecamin Ltda.

Impreso en Santiago, Chile.

**Descargos de Responsabilidad**

A pesar de que se han tomado medidas para asegurar la integridad y la calidad de esta publicación y la información que ella contiene, el Editor no se responsabiliza por ningún daño a la propiedad o personas como resultado de la operación o uso de esta publicación y/o información aquí contenida.

ISBN 978-956-8504-16-8

GECAMIN Ltda.

Paseo Bulnes, Piso 6

Santiago, Chile

Teléfono: (+56-2) 652 1500

Fax: (+56-2) 652 1570

E-mail: [info@gecamin.cl](mailto:info@gecamin.cl)

Web: [www.gecamin.cl](http://www.gecamin.cl)

La PRIMERA EDICIÓN de 350 copias, se terminó de imprimir en Quebecor World Chile S.A. Av. Gladys Marín Millie 6920, Santiago, Chile. Noviembre 2008.

# TABLA DE CONTENIDOS

	V	Palabras del Presidente
	VI	Prefacio
	IX	Comité Organizador
	IX	Comité Asesor
	IX	Comité Técnico
	IX	Comité Editorial
CONFERENCIAS PLENARIAS	3	Developing a New Model at Maintenance Issues by Increasing the Du Pont Method Scope <i>Jaime VALDIVIA</i>
	15	El Negocio y Evolución del Mantenimiento en la Industria Minera <i>Eduardo NILO y Raúl STEGMAIER</i>
<b>MÓDULO 01</b> ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS MINEROS	27	Obtención Tiempo Óptimo de Intervención tras Análisis Curva PF según Navair 00-25-403 <i>Maurizio EDWARDS</i>
	37	El Mantenimiento Autónomo en Minera Yanacocha <i>Carlos CHOQUE y Marcelo AVENDAÑO</i>
	43	Modelo de Mantención y Reparación <i>Engelbert AMAYA</i>
	51	Ingeniería de Confiabilidad <i>Oscar NÚÑEZ y Erick VELÁSQUEZ</i>
	63	Gestión de Repuestos Críticos: Estudio de Caso en la Fuerza Aérea de Chile <i>Pablo FERNÁNDEZ y Rodrigo PASCUAL</i>
	71	Disminución del Costo de Mantenimiento de Tolvas basado en Estrategias de Cambio y Stock <i>Gabriel PISTONE</i>
<b>MÓDULO 02</b> MEJORES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO	81	Reemplazo de Corona de Giro Segmentada en Pala P&H 4100 <i>José NAVIA</i>
	87	Estudio de Rendimiento de Calzas para Cargador Frontal Caterpillar 994 F <i>Victor BARRIENTOS y José CONTRERAS</i>
	93	Estudio de la Calidad del Suministro Eléctrico Área Mina CCM Candelaria <i>Luís DÍAZ y Pedro GODOY</i>

- 101 Técnicas de Mantenimiento por Condiciones  
*José LONCOMIL*
- 111 Disminución de Fallas por Baja Potencia y Alta Temperatura de Escape en Motores Diesel de Camiones CAT 793C  
*Rodrigo PÉREZ y Fae EVA*
- 121 Uso de Respiraderos con Orificios Calibrados para Diagnóstico de Compresión al Cártter en Motores CAT 3516 HD de Camiones 793b/C  
*Rodrigo PÉREZ, Jaime SEGOVIA y Hugo LEIVA*
- 129 Prácticas Operacionales y Gestión de Alarmas Críticas en Camiones CAT y Komatsu 830E  
*Eduardo CARVAJAL*
- 135 Optimización de Componentes Críticos para Flota de Camiones Mineros en Base a Pool de Repuestos  
*Félix MARTÍNEZ, Marco RUIZ y Rodrigo PASCUAL*
- 143 The Airbus Integrated Approach to E-Maintenance  
*Ignacio DI PROSPERO y Frank SCHNEIDER*
- 149 Estrategia de Mantenimiento Orientada a Controlar y Maximizar Vida de Ring Gear Crítico en Palas P&H  
*Paulo ROMERO, Héctor ARAYA y Enrique ZULETA*
- MÓDULO 03**  
TÉCNICAS AVANZADAS  
Y DESARROLLOS  
TECNOLÓGICOS PARA EL  
MANTENIMIENTO
- 161 Diagnóstico y Gestión de Fallas en Equipos Empleando Instrumentación de Monitoreo Adecuadas  
*José CUESTA*
- 171 Determinación de Fuerzas de Trabajo a partir del Análisis del Movimiento  
*Luciano CHIANG*
- 179 Monitoreo a Distancia de Presión y Temperatura en Neumáticos OTR. Primeras Experiencias en la Industria Minera  
*Rigoberto ARIAS*
- 189 Optimización por Simulación del Rendimiento de Producción. Un Estudio de Caso en un Sistema Integrado de Minería  
*Rodrigo MADARIAGA y Rodrigo PASCUAL*
- MÓDULO 04**  
SEGURIDAD Y MEDIO  
AMBIENTE EN EL  
MANTENIMIENTO
- 197 Biorremediación de Suelos Contaminados con Hidrocarburos en Talleres de Mantenimiento  
*Eduardo MASIHY y Lucía LARA*
- 205 Mejora en Seguridad y Mantebilidad de Palas Eléctricas  
*Gustavo CRUZ*
- 213 La Seguridad: Una Competencia en Proceso de Cambio  
*Manuel CARRASCO, Karol RODRÍGUEZ, Marcelo RIVERA, Marcelo NÚÑEZ y Valeria VARGAS*
- 221 La Conducta Humana en Dirección a la Seguridad  
*Maritza HENRÍQUEZ*

## PALABRAS DEL PRESIDENTE

Estimados Colegas Mantenedores:

Al celebrar el III Encuentro de Mantenedores Equipos Mina, lo hacemos en un escenario de numerosas turbulencias económicas a nivel global, al que nadie quedará ajeno.

Por lo anterior se torna cada vez más relevante un adecuado gerenciamiento de los activos, lo cual nos permitirá potenciar el negocio minero y ayudar a sortear en forma exitosa cualquier escenario.

Hoy estamos con precios récord para nuestros productos, con recursos escasos (tanto material como humano) y un mayor enfoque en seguridad y medio ambiente. Las compañías se están forzando a repensar y reaplicar estrategias para competir y tener éxito en esta nueva época.

Sin embargo, esto puede cambiar radicalmente, por lo que la respuesta tiene un aspecto en común ya sea por que tenemos que optimizar nuestra producción o minimizar los costos, las herramientas de gestión son transversales.

MANTEMIN 2008 ofrece la oportunidad de aprender de los líderes en la industria y de intercambiar importante información y de crear una red de contactos en la industria minera.

Hemos agregado un cuarto módulo que incluye aspectos de Seguridad y Medio Ambiente en Mantenimiento que de aquí en adelante incorporará interesantes aspectos de Gestión HSEC.

Los insto cordialmente a participar en forma activa en MANTEMIN 2008, versión en la que damos énfasis a la teoría y práctica de gestión de activos aplicado a equipos mineros y aspectos de seguridad y medio ambiente, en mantenimiento.

Un afectuoso Saludo.

**COLIN BOWER**

*Presidente*

III Encuentro de Mantenedores Equipos Mina

MANTEMIN 2008

## PREFACIO

Las exportaciones de nuestro país han tenido un importante proceso de diversificación, sin embargo, más de la mitad de nuestras exportaciones siguen siendo Cobre. En este sentido nuestro sello de país minero de alta tecnología es conocido mundialmente. En los últimos años hemos visto un crecimiento explosivo de la demanda y de los precios liderados por los grandes consumos de China, lo que nos han impulsado a tener un foco en incrementar la producción. Sin embargo, considerando el actual escenario económico es probable que el foco en el futuro sea el de ser líderes en costos.

Por otro lado los equipos mineros son verdaderos robots, cada vez más sofisticados son verdaderamente equipos Mecatrónicos donde ya los tradicionales conocimientos de mecánica, hidráulica, electricidad no son suficientes.

Además el mantenimiento de estos equipos se ha hecho más complejo, hoy es necesario tener equipos de mantenimiento con altas competencias, cada vez se hace más claro que las personas son el elemento más importante en este ciclo. Ciclo donde la seguridad cobra un papel clave, por lo que hemos incorporado en esta tercera versión del Encuentro MANTEMIN el Módulo 4 donde incorporamos el tema de la seguridad y el medio ambiente en el mantenimiento.

Considerando todo lo anterior se visualiza que los encuentros de profesionales del mantenimiento como MANTEMIN son una fuente importante de respuestas a las numerosas interrogantes que surgen al administrar flotas de equipos complejas con recursos escasos y escenarios cambiantes. Donde es posible establecer redes, establecer sinergias, repensar la gestión en base al intercambio de nuevas prácticas y de la innovación.

Este año MANTEMIN cubre gran diversidad de tópicos en el ámbito aplicado, el ámbito teórico-práctico y que se encuentra en gran medida reflejado en estos Proceedings.

Los trabajos contenidos pueden clasificarse en:

- Conferencias Plenarias (2)
- Estrategias de Mantenimiento y Gestión de Activos Mineros (6)
- Mejores Prácticas de Mantenimiento (10)
- Técnicas Avanzadas y Desarrollos Tecnológicos para el Mantenimiento (4)
- Seguridad y Medio Ambiente en Mantenimiento (4)

El contenido de estos Proceedings es una amplia revisión del estado del arte del mantenimiento de equipos mina y servirá como material de consulta y apoyo a mantenedores, proveedores, estudiantes y académicos interesados en conocer la aplicación de nuevas tecnologías, nuevas prácticas industriales y gestión asociada a activos mineros. Además posibilita una importante conexión entre la industria minera, las universidades, proveedores y fabricantes.

## AGRADECIMIENTOS

El Comité Organizador desea expresar a todos los autores su agradecimiento por el esfuerzo realizado en este III Encuentro de Mantenedores Equipos Mina – MANTEMIN 2008. Del mismo modo, se agradece la colaboración de los Comités Técnico y Editorial por el tiempo dedicado a la revisión de los trabajos.

Por otra parte, se reconoce y agradece la participación de los auspiciadores de este encuentro que con su apoyo permiten financiar las diversas actividades técnicas y sociales incluidas en su desarrollo. Los auspiciadores de este año, considerados hasta la fecha de impresión de este texto y nombrados en orden alfabético, han sido, en la categoría Gold: BHP BILLITON, BUCYRUS, DURATRAY, GENERAL ELECTRIC; en la categoría Silver: THYSSENKRUPP y JAENN INGENIERÍA; en la categoría Auspiciadores Sociales: ABB, DURATRAY, FINNING y DICTUC TRIBOLOGIA; en la categoría Anfitrión Estudiantes: BHP BILLITON; en la categoría Medio Oficial: MINERÍA CHILENA; en la categoría Medio Colaborador: MINERGÍA; y en la categoría Aerolínea Preferida: GOL.

Finalmente agradecemos a todos los profesionales participantes en este Encuentro, que con su presencia permiten un enriquecedor intercambio de experiencias, conocimiento e información técnica. Sin ellos este Encuentro no podría existir ni presentar la diversidad de temas que ha cubierto.

**COMITÉ ORGANIZADOR**

III Encuentro de Mantenedores Equipos Mina  
MANTEMIN 2008

# COMITÉ MANTEMIN 2008

## **COMITÉ** Presidente

**ORGANIZADOR** Colin BOWER, *Minera Escondida Ltda., Chile*

## **Vice-Presidente**

Arnaldo BURDILES, *Cia. Contractual Minera Candelaria, Chile*

## **Director Ejecutivo**

Carlos BARAHONA, *Gecamin Ltda., Chile*

## **Coordinador Técnico**

Patricio GUZMÁN, *Ivetec Ltda., Chile*

## **Coordinadora del Evento**

María Carolina PÉREZ, *Gecamin Ltda., Chile*

## **COMITÉ ASESOR** Óscar CONSTANZO, *Finning Chile*

Alejandro LEÓN, *MinePro Chile S. A.*

Darko LOUIT, *Komatsu Chile S. A.*

Ferrucio MEDICI, *Anglo American Chile*

Eduardo NILO, *División El Teniente, Codelco Chile*

John OLIVER, *Bucyrus, Chile*

Jaime VALDIVIA, *División Norte, Codelco Chile*

## **COMITÉ TÉCNICO** Adolfo ARATA, *Universidad Técnica Federico Santa María, Chile*

Alvaro ENDO, *Consultor Independiente, Chile*

Peter KNIGHTS, *University of Queensland, Australia*

Dino MOLL, *Olympic Dam - BHP Billiton, Australia*

Rodrigo PASCUAL, *Universidad de Chile*

Luis SÁNCHEZ, *Universidad de Antofagasta, Chile*

Julio SOTELLA, *Minera Spence Ltda., Chile*

Raúl STEGMAIER, *Universidad Técnica Federico Santa María, Chile*

Jaime TAPIA, *Minera Esperanza, Chile*

Gerard WOOD, *BHP Billiton Base Metals, Chile*

## **COMITÉ EDITORIAL** Alvaro ENDO, *Consultor Independiente, Chile*

Patricio GUZMÁN, *Ivetec Ltda., Chile*

Juan MAITA, *Cia. Minera Maricunga, Chile*

Dino MOLL, *Olympic Dam - BHP Billiton, Australia*

Rodrigo PASCUAL, *Universidad de Chile*

Luis SÁNCHEZ, *Universidad de Antofagasta, Chile*

Julio SOTELLA, *Minera Spence Ltda., Chile*

Raúl STEGMAIER, *Universidad Técnica Federico Santa María, Chile*

Jaime TAPIA, *Minera Esperanza, Chile*

Gerard WOOD, *BHP Billiton Base Metals, Chile*

**DISEÑADORAS** Alicia BONILLA, *Gecamin Ltda., Chile*

**GRÁFICAS** María Paz MEZA, *Gecamin Ltda., Chile*

Carolina SANTANA, *Gecamin Ltda., Chile*

Magdalena SERRANO, *Gecamin Ltda., Chile*