

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA**

Profesor Patrocinante:
Dr. Emilio Dufeu Delarze

Ingeniero Supervisor:
Ing. Mauricio Miranda Arias,
Superintendente de
Accionamientos de Máquinas
& Ingeniería, CMDIC

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE FALLAS EN MOLINO DE BOLAS 140ML003
COMPAÑÍA MINERA DOÑA INÉS DE COLLAHUASI SCM**

Natalia Fernanda Espinoza Sepúlveda

Informe de Memoria de Título
para optar al Título de

Ingeniero Civil Mecánico

Noviembre - 2012

RESUMEN

A contar de la segunda mitad del año 2011, el molino de bolas 140ML003 de la línea 1 de la planta concentradora de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, ha presentado una serie de fallas en distintos componentes. Han participado diversas entidades, tanto propias de la Compañía así como externas, realizando estudios y análisis sin lograr encontrar la causa raíz de los problemas. El molino en cuestión es considerado un equipo crítico por su importancia en la línea de proceso de generación del concentrado de cobre, principal producto de Collahuasi.

Ante lo expuesto anteriormente, es que se propone realizar un estudio y análisis de todas las fallas ocurridas, con el objetivo de poder interrelacionarlas y determinar potenciales causas de su origen.

Se consideran en el desarrollo del proyecto, distintas etapas tales como revisión bibliográfica de procesos y equipos involucrados, levantamientos de terreno, adquisición de datos con instrumentación adecuada según los requerimientos y la aplicación del Método de Elementos Finitos para modelar las distintas condiciones de carga a que se expone el equipo, distinguiendo posibles efectos de los esfuerzos alcanzados en la ocurrencia de las fallas en estudio.

Del estudio de las fracturas, se desprende la presencia de cargas de impacto en la zona de descarga del molino, afectando éstas en el daño de la pista de rodadura, descansos y cilindros hidráulicos de levantamiento. Además de generar el desalineamiento que ocasionaría la fractura de los dientes de la corona, siendo originada por fatiga sólo la grieta registrada en 45° del lado de alimentación del manto. Las modelaciones en elementos finitos, tanto para el estado nominal de carga así como para el real, arrojan deformaciones y esfuerzos que al ser analizados para la fatiga no alcanzan el límite del material.

Tras los resultados obtenidos se procede a buscar, con el método de elementos finitos, una carga estática capaz de generar la deformación registrada en las mediciones de circularidad del molino, donde la energía de deformación será equivalente a la de una *carga congelada* impactando el manto del molino. Alcanzada la deformación buscada, de aproximadamente 1.7 mm, los esfuerzos en la zona de estudio no alcanzan valores límites, por lo que se concluye que a pesar de existir daño por impacto, no es la única causa de la falla.

Durante la reparación de la grieta de la tapa-manto del lado de descarga se detectó la presencia de zonas de porosidades en la pieza. Éstas tienen como efecto la disminución de las propiedades del material y, combinadas a una carga de impacto, habrían sido el origen de la falla.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. Introducción	1
1.1. Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM	1
1.1.1. La Compañía	1
1.1.2. Historia	1
1.1.3. Visión, valores y objetivos estratégicos	1
1.1.4. Localización y condiciones climáticas	2
1.2. Marco general	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Metodología	5
 CAPÍTULO 2. Equipos y procesos involucrados	 6
2.1. Antecedentes generales del proceso	6
2.2. Recuperación del mineral grueso	7
2.3. Molienda primaria	7
2.4. Molienda secundaria	8
2.4.1. Clasificación	8
2.4.2. Molienda con bolas	9
 CAPÍTULO 3. Antecedentes del molino de bolas 140ML003	 13
3.1. Geometría	13
3.2. Material	13
3.3. Características de accionamiento	14
3.4. Características de la carga	15
3.4.1. Peso de componentes estructurales	15
3.4.2. Carga asociada a las bolas y mineral	15
3.4.3. Presión en cojinetes y zapatas axiales	15
3.4.4. Carga transmitida en la corona	16
 CAPÍTULO 4. Análisis de fallas	 18
4.1. Cronología de fallas registradas	18
4.2. Componentes afectados y análisis de las fracturas detectadas	18
4.2.1. Manto	18

4.2.2. Mecanismo piñón-corona	20
4.2.3. Descansos hidrodinámicos del lado de descarga	25
4.2.4. Cilindros hidráulicos de levantamiento	28
4.2.5. Grieta en tapa-pista de rodadura del lado de descarga	30
CAPÍTULO 5. Aplicación del método de elementos finitos	35
5.1. Modelo	35
5.1.1. Geometría y material	35
5.1.2. Condiciones de borde	35
5.2. Resultados	36
CAPÍTULO 6. Análisis de resultados	39
6.1. Cálculo a la fatiga	39
6.2. Condiciones nominales y reales de operación	40
6.3. Carga congelada	41
6.3.1. Fundamentos	41
6.3.2. Modelo	41
6.3.3. Resultados	42
6.3.4. Análisis de resultados	43
CAPÍTULO 7. Conclusiones y perspectivas	45
7.1. Conclusiones	45
7.2. Perspectivas	46
Referencias	47
Bibliografía	48
ANEXOS	49
Anexo A. Glosario	50
Anexo B. Diagrama del proceso de obtención de concentrado de cobre	51
Anexo C. Tribología en descansos, lado de descarga	52
Anexo D. Resultados obtenidos por el método de elementos finitos	54
Carga nominal de operación	54
Carga real de operación	56
Modelo de carga congelada	59