



Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Magister en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Ingeniería  
Eléctrica

## **Estimador Robusto de Carga Compactada en Molinos SAG**



Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Ingeniería  
Eléctrica

Pablo Eduardo Castro Palavicino  
Concepción-Chile  
2014

Profesor Guía: M. Aníbal Valenzuela Latorre  
Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería  
Universidad de Concepción

## Resumen

En el marco de la producción de cobre, la molienda de mineral y producción de concentrado juega un rol importante. En este proceso son usados los molinos semi-autógenos (molinos SAG) debido a los grandes volúmenes de material que pueden procesar, siendo estos los grandes responsables de la producción de concentrado de cobre, lo que los convierte en equipos críticos.

Un problema que se presenta en la partida de estos motores ocurre después de un periodo de detención cuando la carga dentro del molino permanece estática y se compacta. Por lo tanto, durante el primer giro del motor esta puede caer como una sola masa sobre la base del molino provocando daños severos en los descansos y en la estructura del molino.

Aunque en la actualidad algunas de las empresas que desarrollan accionamientos de molinos SAG ofrecen una protección de carga congelada, no hay mayor información respecto de su operación y ni de su eventual capacidad de incluir los distintos parámetros que afectan el proceso de partida (nivel de llenado, porcentaje de bolas, etc.). Es por esto que se propone crear un algoritmo robusto para detección de carga compactada que incluya más variables del motor y también incluya el estado de la carga en la partida.

Este trabajo plantea un modelo de un accionamiento SAG. Se realiza un análisis del modelo para máquinas sincrónicas con doble bobinado en el estator, junto con modelos de un cicloconvertor y un esquema de regulación de velocidad con control vectorial. Este modelo es contrastado con señales de terreno para un molino SAG de 8,2[MW].

Para obtener un modelo simplificado que proporcione la misma información en las variables mecánicas, se propone una novedosa transformación del motor a un modelo con un solo bobinado equivalente en el estator.

Para obtener un modelo del conjunto motor carga, se combinan los modelos del accionamiento con registros de terreno para obtener el comportamiento dinámico de la carga durante la partida.

Con todo lo anterior se establece un algoritmo de estimación de carga compactada, el cual incluye el estado de la carga, en combinación con estimadores de torque y velocidad que se alimentan con las señales reales del accionamiento, que permiten la detección de la carga compactada en el molino. Se realiza un análisis de sensibilidad y se proponen distintas formas de configurar esta protección. Se verifica que el algoritmo entrega resultados satisfactorios al verificarlo con registros de terreno y distintas condiciones de operación