**CAPITULO I**

**INTRODUCCIÓN**

La operación unitaria de reducción de tamaños corresponde a una de las operaciones unitarias claves en el procesamiento de materiales de alta dureza. En esta, los tamaños medios del tipo de alimentación tratada son reducidos por la aplicación de fuerzas de impacto, compresión, cizallla. Específicamente en el procesamiento de minerales los procesos de conminucion (chancado y molienda) se posesionan como la operación más importante, debido a los costos derivados del consumo energético y al requerimiento de aceros de molienda que se necesitan para obtener un grado especifico de liberación que se emplea en tratamientos posteriores.

Una operación de reducción de tamaño se realiza de forma eficiente cuando se realiza una aplicación directa de la energía sobre las partículas de material tratado, además de una conminucion predeterminada o selectiva de los tamaños que lo requieran. Para el cumplimiento de los requerimientos mencionados anteriormente se emplean equipos de molienda que tengan como característica la optimización de energía en sus procesos. Una alternativa para ser empleada en los procesos de conminucion basándose en los estudios de (Klymoswsky et al., 2002) es la tecnología de molienda de rodillos de alta presión conocida en sus siglas en inglés como HPGR (High Pressure Grinding Rolls), que afirma que es un equipo que opera con eficiencia energética.

Las operaciones de molienda que emplean la tecnología HPGR se caracterizan por la reducción de costos de operación, como resultado del uso eficiente de la energía en los procesos de conminucion. Estudios realizados desde el año 2006 en Cerro Verde, Perú, de la puesta en marcha de la tecnología de molienda en cuestión en industrias que tratan rocas duras tales como: diamante, cemento y cobre han evidenciado que tiene como característica un uso más eficiente de la energía, mediante la generación de microfracturas, que revierten la tendencia al gigantismo en equipos posteriores al chancado terciario (chancado fino). Sin embargo, el equipo presenta ineficiencia al procesar minerales húmedos y arcillosos, minerales de extrema dureza.

* 1. **Problemática**

A pesar que la tecnología de molienda con rodillos a alta presión (HPGR), posee alrededor de veinte años de resultados exitosos en la industria que ocupan minerales con elevada dureza, se considera inmadura y su incorporación en el diseño de nuevos proyectos se ve limitada, entre otras cosas, por la ausencia de modelos validados que permitan la evaluación del desempeño del equipo en nuevos circuitos de conminución.

Pese a los estudios realizados acerca de esta tecnología, no existen modelos dinámicos validos que describan el comportamiento de este equipo de molienda. En la investigación realizada por (Alarcón, Osvaldo, 2012), “Modelación y simulación dinámica de un molino de rodillos de alta presión (HPGR), para conminución de minerales de cobre”, se evidencia que existen parámetros que se consideran constantes pese a ser variantes en el tiempo en la zona de compresión de capas inter partículas (chancado) como: densidad aparente del material tratado, el flujo de material circulante y el contenido de masa; los cuales influyen directamente en el cálculo de la granulometría final del producto.

* 1. **Propuesta**

En el siguiente proyecto de investigación se va a construir el modelo matemático dinámico con una rectificación teórica de los modelos actuales en función de un mejor cálculo de la granulometría final del producto para su posterior aplicación en el control predictivo de un sistema de trituración que emplea un molino de rodillos de alta presión (HPGR). Se obtendrá un modelo que constará de sub modelos que serán representados mediante una familia de ecuaciones que lograrán predecir parámetros como: capacidad de tratamiento del equipo, consumo específico de energía y la granulometría del producto, en función de las características de alimentación, de las dimensiones del equipo y de las distintas condiciones operacionales de trabajo.

Además se evaluará la modificación realizada en función del resultado del modelamiento de otros investigadores y resultados experimentales obtenidos en la industria de minera, adicionalmente el controlará el equipo mediante la técnica MPC (Control predictivo basado en el modelo), la cual emplea el modelo matemático, que tiene como objetivo optimizar el tiempo de actuación y tener control de las variables del proceso.

* 1. **Objetivos**
     1. **Objetivo General**
* Realizar el modelamiento y simulación de un controlador mediante MPC de un molino de rodillos de alta presión (HPGR).
  + 1. **Objetivos específicos**
* Construir el modelo matemático dinámico del molino de alta presión con una rectificación teórica de los modelos actuales en función de un mejor cálculo del centro de masa.
* Evaluar la modificación realizada en función de los resultados del modelamiento de otros investigadores y resultados experimentales.
* Programar en Matlab, Simulink el modelo generado.
* Simular el control del molino de rodillos de alta presión mediante un modelo predictivo de control (multivariable).
* Obtener las variables más importantes en el proceso de control; de forma de especificar las variables manipuladas óptimas del sistema.
* Evaluar el proceso de control generado mediante la implementación de escalones o impulsos en las variables controladas.
* Generar un manuscrito idóneo a ser publicado en revistas internacionales.
  + 1. **Metodología**

Las fases de elaboración del presente proyecto de investigación consisten en primera instancia la recopilación de información existente acerca de la tecnología de molienda de rodillos de alta presión, específicamente sobre los modelos matemáticos que se han realizado para evaluar el desempeño del equipo. El paso siguiente es la identificación y análisis de los parámetros que se emplean en el modelado tales como: los que son característicos del equipo, variantes e invariantes en el tiempo basándose en el estudio de modelos matemáticos en estado estacionario.

El objetivo es elaborar un modelo matemático dinámico predictivo de la capacidad de tratamiento, potencia y granulometría en función de las variables operaciones, especificaciones del equipo y características del mineral tratado. El modelo se encuentra basado en condiciones fenomenológicas y consideraciones que surgen a partir de la física newtoniana. Para la estimación de la granulometría del producto es necesario la aplicación de balances poblaciones, que son la base de los modelos matemáticos de molienda que se emplea en la actualidad.

Para la validación del modelo matemático es necesario la creación de un programa computacional, que permita verificar los resultados obtenidos de la aplicación del modelo, con el fin de evaluar la respuesta del sistema en diversas condiciones. Los parámetros empleados para la validación y ajuste del modelo matemático se obtendrán del trabajo de tesis denominado: “Modelación y simulación dinámica de un molino de rodillos de alta presión (HPGR), para conminución de minerales de cobre” (Alarcón, Osvaldo, 2012).

El programa desarrollado debe ser estable, ordenado en su estructura, para proporcionar resultados que sean fiables. Para esto se empleará MATLAB, que es una herramienta de software matemático que ofrece un desarrollo integrado, que facilita al desarrollador o programador la ejecución en un lenguaje característico de la plataforma.

El paso final consiste el desarrollo de la simulación que se realizará en Simulink, que es un entorno de programación visual que funciona sobre el entorno de Matlab. El motivo de su uso es su sistema de programación estructurada o en cajas, lo cual permite la aplicación de bloques personalizables, que interpretan y ejecutan la programación desarrollada en el entorno de Matlab. Adicionalmente se controlará el sistema mediante la técnica de control MPC (control predictivo basado en el modelo), el cual se desarrollará empleando los toolbox o herramientas específicas de Simulink.