

Transferencia tecnológica de un sistema de control automático basado en PC para un molino de martillos industrial

Rodríguez M. C. Gustavo y Chuk O. Daniel

Instituto de Investigaciones Mineras

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de San Juan

Resumen

En el presente trabajo se expone sintéticamente el desarrollo tecnológico y transferencia del diseño e implementación de un sistema de control automático, basado en PC, destinado a controlar un sistema de molienda por impacto con clasificación. Este tipo de molienda es usada habitualmente en la industria minera de todo el oeste argentino para la reducción de tamaño de minerales no metalíferos tales como calcita, bentonita, etc. Las dificultades que deben afrontar estas plantas se centran en una baja productividad debido a frecuentes paradas de planta producidas por sobrecorrientes del motor principal o atascamientos en el cuerpo del molino, característicos de un control manual directo por parte del operador.

Un grupo de investigación y desarrollo constituido por ingenieros electrónicos y mineros del Instituto de Investigaciones Mineras, fue el encargado de vincularse con la empresa para comprender y abordar la problemática en búsqueda de una solución apropiada. Luego de la etapa de desarrollo y pruebas, se efectuó la instalación y puesta a punto de la tecnología desarrollada en la planta de procesamiento de minerales de la empresa, lográndose así la transferencia tecnológica.

El desarrollo consiste en un sistema de adquisición de datos y control, el cual implementa el enclavamiento del circuito de trituración primaria, un lazo de control automático de potencia para el molino de martillos del circuito secundario, el registro de eventos para la gestión de la producción y la generación de alarmas para determinadas situaciones.

Palabras claves: transferencia tecnológica, automatización, molienda

1. Introducción

El proceso por el que se le incorpora el control automático es un circuito de molienda de minerales en seco, cuyo esquema se muestra en la figura 1. La planta industrial se encuentra ubicada aproximadamente a 10 Km de la ciudad de San Juan. El mineral se transporta en camiones desde la mina hasta la playa de acopio de la planta. Luego, se pasa por una trituradora a mandíbula o bien se ingresa directamente a una pileta según el tipo de mineral y su tamaño.

El esquema presentado en la figura 1 incluye un circuito de molienda primaria, en donde el mineral queda reducido a un tamaño entre 10 a 50 mm, y otro circuito secundario en el que se obtienen moliendas finas acorde a los requerimientos solicitados.

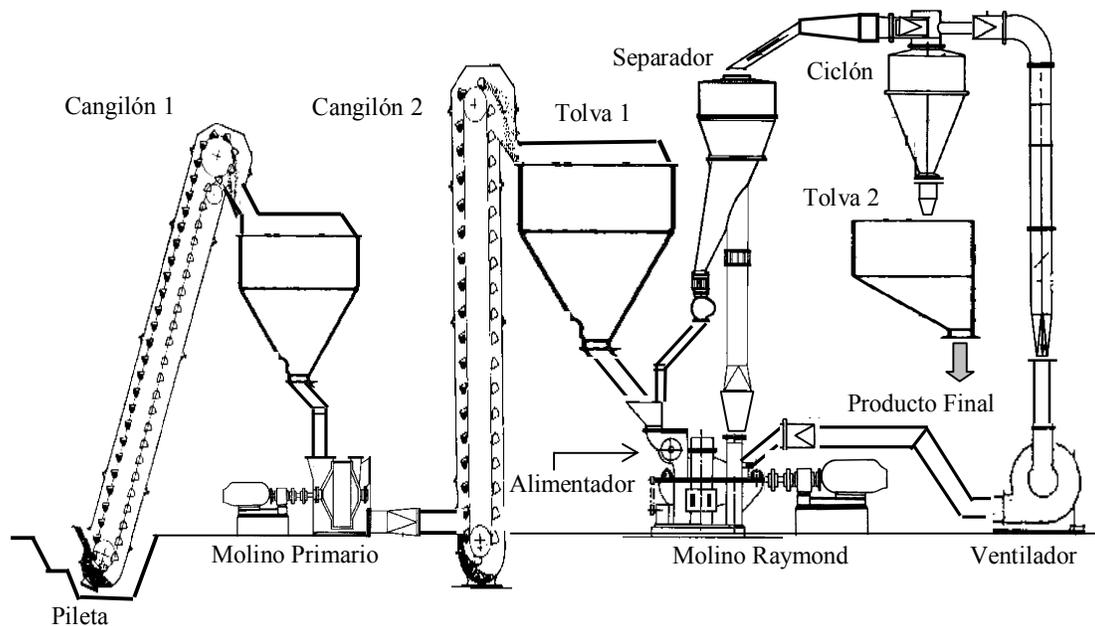


Figura 1. Esquema del proceso de molienda.

Mediante un elevador a cangilones (Cangilón 1) accionado por un motor, se lleva el mineral desde la pileta a un molino denominado "primario", que lo reduce a un tamaño apropiado (grano grueso) para su posterior molienda. El mineral reducido es transportado a una tolva (Tolva 1) de gran capacidad por medio de otro elevador (Cangilón 2), completando así el circuito primario.

Desde la tolva 1 el mineral ingresa, a través de un alimentador, a un molino de martillos Raymond (molino secundario), cuya cámara de molienda cerrada es barrida por

una corriente de aire para extraer el mineral molido. La potencia consumida por este molino está relacionada en forma directa con la cantidad de mineral procesado, la granulometría y clase del mineral ingresado. Lo que se persigue en este tipo de procesos es maximizar la eficiencia (para una determinada potencia aumentar la cantidad de mineral procesado o, para la misma cantidad de mineral disminuir la potencia consumida).

Resulta importante destacar que hablar de optimizar la potencia (corriente eléctrica) consumida en la planta es equivalente a reducir los costos de producción.

Las partículas extraídas desde la cámara de molienda son arrastradas hasta un clasificador estático, donde se realiza la clasificación de finos y gruesos. Los gruesos son realimentados al molino; los finos suspendidos en la vena de aire son conducidos hasta un separador donde se aparta el mineral del aire, por lo que se obtiene el producto final que es almacenado en otra tolva (Tolva 2) para su posterior embalaje, y así completar el circuito secundario ó "Circuito Raymond".

Sin la incorporación del sistema de control automático, el operario de turno realiza el arranque de los motores del circuito primario respetando una cierta secuencia establecida: primero enciende el Cangilón 2, luego el Molino Primario, y por último el Cangilón 1, siendo esta secuencia en orden contrario al flujo del mineral. Dicha secuencia se debe a que cada elemento tiene que estar en funcionamiento para recibir el mineral. Para el circuito secundario también debe cumplir una secuencia de arranque: primero clasificador (separador), luego Ventilador y por último el molino Raymond. En este circuito, el operario debe tener cuidado en la secuencia de arranque de cada uno de los elementos, dado que de no ser así, se produciría un atascamiento en la cámara del molino por acumulación de mineral, derivando esto en averías del motor, roturas de correas, etc., además de los retrasos en la producción y gastos.

Dado que la eficiencia de este proceso es proporcional a la potencia consumida por el motor del molino, el operario toma como variable de control la corriente que circula por una de las fases del motor. En este caso en concreto, el operario efectúa esta medición a través de una pinza amperométrica. Cuando el operario advierte que el motor estaba consumiendo corriente por encima de lo permitido, detenía el alimentador, tratando de resguardar dicho motor.

Hasta este punto, se ha descrito en forma general el proceso de molienda de la planta, y en forma resumida la operación de arranque y el control manual que aplicaba el operario sobre el potencia consumida por el motor del molino.

Cuando se dota al proceso de un sistema de control automático, éste se encarga de aplicar las secuencias de arranque de cada elemento que componen a cada uno de los circuitos, previniendo atascamientos de mineral en el molino, como así también eleva la eficiencia productiva haciendo trabajar el motor del molino en el punto de máximo de consumo eléctrico, pero manteniéndolo en una zona segura y resguardándolo de roturas por sobre consumo.

2. Objetivos

Desarrollar y transferir un sistema de control automático, basado en PC, que permita aumentar la eficiencia productiva y controlar el proceso de molienda de minerales en una planta industrial.

3. Metodología

Se planificaron y establecieron un conjunto de tareas y etapas, las que se cumplieron ordenada y metódicamente, con el propósito de alcanzar los objetivos propuestos.

Se destaca como uno de los principales elementos que permitieron alcanzar los objetivos propuestos, el hecho de que el contacto entre el grupo de investigación y el desarrollo con el personal de planta fue bastante fluido, contando con la disponibilidad permanente y experiencia del gerente, encargado de planta, así como de los operarios.

El sistema de control implementado se basa en un controlador PID (proporcional, integral y derivativo), cuyo algoritmo se ejecuta en una PC, se comunica con los elementos sensores y actuadores a través de una placa de adquisición de datos. Por medio de las variables de interés del proceso, medidas a través de los sensores, y que se ingresan a la PC mediante la placa de adquisición de datos, el algoritmo PID genera ciertas acciones de control, las que son aplicadas sobre el proceso de molienda a través de salidas de la mencionada placa de adquisición de datos. De esta manera, se implementa la metodología de control desarrollada, resultado en un sistema de control a lazo cerrado, basado en un controlador PID digital, el cual utiliza un elemento de procesamiento y cálculo versátil y de bajo costo, como es el caso de una PC.

4. Resultados y transferencia

Los elementos que se controlan con este sistema automático desarrollado e instalado en la planta, son los circuitos de molienda (primario y secundario), el que a la vez contempla la protección de un sistema de enclavamiento y generación de alarmas.

En el circuito primario, que comprende Cangilón 1, Molino Primario y Cangilón 2, se implementó un sistema de enclavamiento por medio de sensores inductivos que detectan el movimiento continuo de las poleas de transmisión de cada motor, cuyas señales son ingresadas al sistema de control. En caso de que se produzca una falla en algún componente del circuito, el sistema de control determina por medio de los sensores, qué componente produjo dicha falla para realizar la parada del o de los motores correspondientes y generar un aviso de alarma en pantalla de la PC de control.

En el circuito Raymond (circuito secundario) se realiza un lazo de control PID digital sobre el molino de martillos, donde la variable controlada es la potencia del motor (midiendo la corriente que consume) y como variable manipulada la alimentación de mineral, para una presión de aire fija. El sistema de control corregirá la cantidad de mineral ingresado de forma de mantener la potencia del motor impuesta en el set point.

La corriente es sensada por una de las fases del motor con un transformador de intensidad, cuya señal es acondicionada y tomada por la placa de adquisición de datos donde es digitalizada para el procesamiento por parte del algoritmo de control. La salida del controlador también es acondicionada para comandar un convertidor de frecuencia. Dicho convertidor permite variar la velocidad de un motor trifásico, el cual es el encargado de accionar un reductor para regular la alimentación de mineral al molino. En la figura 2 se expone un esquema del sistema desarrollado y transferido a la empresa.

Por otra parte, esta corriente es acotada por software a un rango de funcionamiento. Cuando excede los límites establecidos, el algoritmo de control interrumpe la alimentación de mineral y genera una señal de alarma luminosa. En caso de producirse una sobreintensidad, se ha fijado un límite de seguridad cuyo valor está dado por las características constructivas del molino. Éste, al ser alcanzado por el algoritmo de control, produce la parada del Molino Raymond y el clasificador (si está en funcionamiento), en consecuencia, se activa una alarma sonora, además de la luminosa.

También se ha previsto la posibilidad iniciar el proceso con el sistema a lazo abierto para permitir al operario actuar sobre la variable controlada (potencia) en forma manual antes de pasar al modo automático (lazo cerrado), o ante la posibilidad de abrir el lazo, cuando alguna situación así lo requiera.

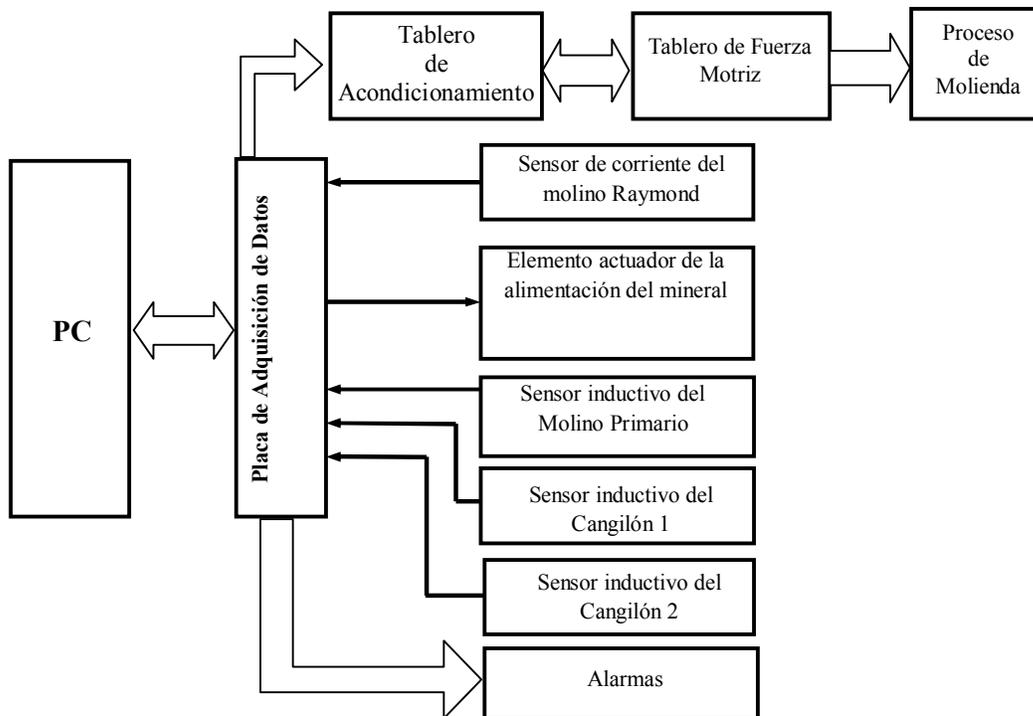


Figura 2. Esquema del sistema de control desarrollado.

El arranque y parada de los motores de ambos circuitos responden a una secuencia fija que puede ser ingresada por el operador, mediante el teclado de la PC de control o manejada automáticamente por el algoritmo de control.

Los circuitos de acondicionamiento de señales eléctricas de la placa de adquisición de datos se encuentran alojados en un tablero llamado "Tablero de Acondicionamiento" que posee un panel indicador ubicado en su parte frontal, el cual permite mediante leds, visualizar el estado de: sensores inductivos, alarmas luminosa y sonora, motores intervinientes y habilitación del convertidor. Este tablero también fue construido durante el trabajo descripto.

Ante cualquier falla en el sistema automático (bajada de tensión, rotura de algún componente o circuito electrónico, falla de la PC, etc.), la planta puede continuar trabajando sin ningún problema. Para ello, se acondicionó el tablero de fuerza motriz de la planta de procesamiento, situado en la sala de control, que permite el arranque y parada en forma manual desde pulsadores, como así también desde el teclado del sistema de control.

5. Conclusiones

Con el sistema desarrollado y transferido se ha logrado no sólo cumplir con los objetivos propuestos, sino también una mejora significativa con respecto al funcionamiento y la seguridad de la planta.

Seleccionar una PC como herramienta de control permitió integrar distintas partes funcionales referidas al proceso, ya que su campo de aplicación no se limitó al control digital sino que incluyó tareas de enclavamiento y de gerenciamiento de la producción (mediante el registro de eventos). La ventaja que se puede destacar del sistema de control basado en PC implementado es la interfaz al operador, que se convierte en una estación de trabajo. Se observó, además, que el manejo del sistema por parte del operador requirió un mínimo de instrucción por lo que se diseñó un sistema de fácil manejo; por otro lado, su versatilidad posibilitó adaptarla a diferentes situaciones.

Cabe destacar que desde el momento que se instaló el sistema de control desarrollado en la empresa y se puso en funcionamiento, sólo ha requerido tareas de mantenimiento menores. Las roturas y paradas de plantas disminuyeron significativamente, además de incrementarse notablemente la eficiencia en la producción.

Bibliografía

Chuk, D.; Gil, J.P.; Núñez, E.; Gutiérrez, L.V. y G. Rodríguez. (2005). "Control automático de una planta de molienda de minerales industriales". En *VII Jornadas de Ingeniería de Minas*. Buenos Aires.

Chuk, D.; Gutiérrez, L.V.; Gil, J.P.; Núñez, E. y Rodríguez, C.G. (2004) "Implementación de una instrumentación con criterio LCA para plantas de molienda en seco pequeñas y medianas". *Panorama Minero*. Edición N° 302.

Chuk, D.; Núñez, E. (1993). *Sistema de Adquisición de Datos Industrial*. Instituto de Investigaciones Mineras. UNSJ.

Kuchen, Benjamín; Carelli, Ricardo. (1996). *Control Digital Directo*.

Szklanny, Sergio; Behrends, Carlos. (1994). *Sistemas Digitales de Control de Procesos*. Editorial Control S.R.L.

Tompkins, W; Webster J. (1987). *Interfacing Sensors to the IBM PC*. Prentice Hall.

Weisz, Juan; Pérez, Küper. (1991). *Adquisición de Datos y Control Industrial mediante PC*. AADECA.