

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALURGICA



CONTROL DE PROCESOS EN EL AREA DE
MOLIENDA

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO METALURGISTA

Presentado por:

ITALO EFRAIN HIDALGO VILLA

LIMA - PERU

2001

AGRADECIMIENTO

Comienzo agradeciendo a ti Señor de Los Milagros que marcaste mi camino desde niño y para siempre.

A mi madre Carmen y a la memoria de mi padre Julio a quienes les debo lo que soy, por su perseverancia en guiarme día a día por el camino del bien y del estudio.

A mi hijo Gianfranco, a mi señora Giuliana, a mis hermanos y demás familiares, quienes me dieron el impulso para seguir adelante en momentos difíciles.

Como también a todos mis maestros que me dieron mi formación profesional.

INDICE

1.0 INTRODUCCION

1.1 Chancado y Traslado al Area de Acopio

1.2 Molienda

2.0 DESCRIPCION GENERAL

2.1 Descripción del Proceso

2.1.1 Introducción

- Extracción del Mineral Grueso del Area de Acopio
- Molienda en el Molino SAG y Clasificación
- Molienda en el Molino de Bolas y Clasificación
- Muestreo

2.1.2 Extracción de Mineral Grueso del Area de Acopio

2.1.3 Molienda en el Molino SAG y Clasificación

Molienda en el Molino SAG
Sistema de Retorno del Trómel
Sistema de Lubricación del Molino SAG.
Sistema de Frenos de Molino SAG
Sistema de Accionamiento del Molino SAG

2.1.4 Molienda en el Molino de Bolas y Clasificación

Molienda en el Molino de Bolas
Muestreadores de pulpa
Analizador del tamaño de partículas

2.2 Descripción General del Equipo

2.2.1 Introducción

2.2.2 Alimentadores de Placas para Extracción del Mineral de las Pilas de Acopio.

2.2.2.1 Alimentadores de Placas para la Extracción de Mineral Grueso.

2.2.3 Sistema de Eliminación de Polvo del Alimentador de Placas

2.2.3.1 Cabinas de Control Multifunciones del Sistema de Eliminación de Polvo

de los Alimentadores de Placas

2.2.4 Balanza de la Faja

2.2.5 Faja Transportadora de Alimentación al Molino SAG

2.2.6 Alimentador de Bolas al Molino SAG

2.2.7 Molino SAG

2.2.8 Sistema de Lubricación del Muñón del Molino SAG

2.2.8.1 Bombas de Circulación del Sistema de Lubricación de Muñones del Molino SAG

2.2.8.2 Bombas de Alta Presión del Sistema de Lubricación de Muñones del Molino SAG

2.2.8.3 Bomba de los Acumuladores del Sistema de Lubricación de Muñones del Molino SAG

2.2.8.4 Calentadores del Tanque del Sistema de Lubricación de Muñones del Molino SAG

2.2.9 Bombas y Cajones de Bombas de Alimentación a los Ciclones del Molino de Bolas

- 2.2.9.1 Cajones de Bombas de Alimentación a los Ciclones del Molino de Bolas
- 2.2.9.2 Bombas de Alimentación a los ciclones del Molino de Bolas
- 2.2.10 Nido de ciclones del Molino de Bolas
- 2.2.11 Cajón de Alimentación al Molino de Bolas
- 2.2.12 Molino de Bolas
- 2.2.13 Alimentador de Bolas Rotatorio del Molino de Bolas
- 2.3 Filosofía de Operación**
 - 2.3.1 Introducción
 - 2.3.2 Extracción de Mineral Grueso
 - Control del Régimen de Alimentación Unitario al Molino SAG
 - Control del Régimen Total al Molino SAG
 - 2.3.3 Molienda y Clasificación en el Molino SAG
 - Control de Densidad de Pulpa del Molino SAG
 - Control de Flujo de Agua del Trómel del Molino SAG
 - Control del Régimen de Adición de Lechada de Cal al Chute de Carga al Molino SAG
 - Control del Régimen de Alimentación de Bolas al Molino SAG
 - Control de Sonido del Molino SAG
 - 2.3.4 Molienda y Clasificación del Molino de Bolas
 - Nivel del Cajón de Bombas de Alimentación a los Ciclones
 - Control de Presión de Alimentación a los Ciclones
 - Control del Tamaño de Partículas de Rebalse de los Ciclones
 - Control de Alimentación de Bolas al Molino de Bolas

3.0 CONTROL DEL PROCESO

3.1 Variables del Proceso

- Ratio del Alimentador de Placas
- Régimen de Alimentación al Molino SAG
- Régimen de Adición de Lechada de Cal al Molino SAG
- Densidad de Pulpa del Molino SAG
- Sonido del Molino SAG
- Flujo de Agua del Sistema de Retorno de Sobretamaño del Trómel al Molino SAG
- Carga de Bolas al Molino SAG
- Nivel del Cajón de Bombas de Alimentación a los Ciclones
- Densidad de Alimentación a los Ciclones
- Carga de Bolas al Molino de Bolas
- Presión de Alimentación a los Ciclones
- PH del rebalse de los ciclones
- Tamaño de partículas de los Finos de los Ciclones.

3.2 LAZOS DE CONTROL

- 3.2.1 Extracción de Mineral Grueso del Area de Acopio
 - 3.2.1.1 Control del Régimen de Alimentación al Molino SAG
 - 3.2.1.2 Control del Régimen de Alimentación Total al Molino SAG

3.2.2 Molienda en el Molino SAG y Clasificación

3.2.2.1 Control de Densidad de Pulpa en el Molino SAG

3.2.2.2 Control de Flujo de Agua del Trómel del Molino SAG

3.2.2.3 Control del Régimen de Adición de Lechada de Cal en el Chute de Alimentación al Molino SAG

3.2.2.4 Control del Régimen de Alimentación de Bolas al Molino SAG

3.2.2.5 Control de Sonido del Molino SAG

3.2.3 Molienda en el Molino de Bolas y Clasificación

3.2.3.1 Control de Nivel del Cajón de Bombas de Alimentación a los Ciclones

3.2.3.2 Control de Presión de Alimentación a los Ciclones

3.2.3.3 Control de Tamaño de Partículas de los Finos de los Ciclones

3.2.3.4 Control de Alimentación de Bolas al Molino de Bolas

4.0 ENCLAVAMIENTOS

4.1 Extracción de Mineral Grueso del Area de Acopio

4.1.1 Alimentadores de Placas para la Extracción de Mineral Grueso

4.1.2 Faja Transportadora de Alimentación al Molino SAG

4.1.3 Ventilador del Túnel de Extracción

4.2 Molienda en el Molino SAG y Clasificación

4.2.1 Molino SAG

4.2.2 Enfriamiento del Motor de Anillo y del Cicloconvertidor

4.2.3 Sistema de Lubricación del Molino SAG

4.2.4 Sistema de Frenos del Molino SAG

4.2.5 Bombas de Sumidero De Piso

4.3 Molienda en el Molino de Bolas y Clasificación

4.3.1 Molino de Bolas

4.3.2 Enfriamiento del Motor de Anillo y del Cicloconvertidor

4.3.3 Sistema de Lubricación del Molino de Bolas

4.3.4 Sistema de Frenos del Molino de Bolas

4.3.5 Faja Transportadora de Bolas al Molino de Bolas

4.3.6 Bomba de Alimentación a los Ciclones y Válvulas de Agua de Proceso.

1.0 INTRODUCCIÓN

La concentradora de la Compañía Minera Antamina está ubicada a 270 kilómetros al nor este de Lima, en la zona nor-occidental del Perú. La concentradora está ubicada a una altura de 4185 metros sobre el nivel del mar.

La concentradora consiste de los siguientes circuitos: chancado en una sola etapa; molienda con molinos SAG y de bolas; flotación de cobre, zinc, bismuto y molibdeno; eliminación de agua del concentrado; bombeo del concentrado al puerto (incluyendo instalaciones de irrigación); y disposición de relaves. Las instalaciones portuarias comprenden el filtrado del concentrado, almacenamiento del concentrado; tratamiento del efluente y embarque del concentrado.

La concentradora y las instalaciones relacionadas están diseñadas para tratar 70000 toneladas métricas al día (25 550 000 toneladas al año) de mena que contiene 1.3 por ciento de cobre, 1.0 por ciento de zinc, 0.03 por ciento de molibdeno y 12 gramos por tonelada de plata.

En total son seis tipos de menas que serán procesados en Antamina:

- Cobre con bajo contenido de bismuto
- Cobre con alto contenido de bismuto.
- Cobre-Zinc con bajo contenido de bismuto.
- Cobre-Zinc con alto contenido de bismuto.
- Bornita con bajo contenido de zinc.
- Bornita con alto contenido de zinc.

De estos tipos de mena, la concentradora produce los siguientes concentrados:

- Concentrado de cobre.
- Concentrado de zinc.
- Concentrado de molibdeno.
- Concentrado de bismuto/plomo.

El saldo de aproximadamente 65 000 toneladas al día de relaves se descarga en un depósito de relaves de 220 metros de alto en la mina.

1.1 CHANCADO Y TRASLADO AL AREA DE ACOPIO

La mena tal como sale de la mina es llevada a la chancadora directamente desde la mina en camiones de 240 toneladas. La mena, que contiene rocas que no son de más de 1.5 metros

de tamaño, es descargada por cualquiera de las dos estaciones de vaciado al compartimiento de vaciado de la chancadora. La chancadora giratoria está colocada sobre una estructura de concreto cerca de la mina.

Un rompedor de roca hidráulico rompe las rocas de mayores dimensiones que pueden atorar la chancadora. La descarga de la chancadora, a un tamaño nominal de -178 mm y 4900 toneladas por hora de capacidad, cae a un compartimiento de compensación de concreto directamente debajo de la chancadora.

El mineral chancado es retirado del compartimiento de compensación de la chancadora por un alimentador de placa, que tiene una capacidad de diseño de 5 800 toneladas por hora. El mineral es transportado aproximadamente 3 kilómetros a un área de acopio de mineral grueso mediante un alimentador, una faja transportadora de mineral grueso y apilador radial. El apilador radial se mueve sobre una plataforma rodante que arroja la descarga en dos áreas de acopio separadas de mineral grueso. Las dos áreas de acopio permiten que un tipo de mineral sea procesado en la concentradora mientras el otro se acopia para ser procesado posteriormente. Cada acopio tiene una capacidad viva de 50 000 toneladas. Se realiza un proceso de eliminación de polvo en el compartimiento de vaciado de la chancadora y en los puntos de transferencia a lo largo del sistema de transporte antes de que el mineral sea descargado al acopio. Un colector de polvo recupera el polvo generado en el compartimiento de vaciado y de compensación.

1.2 MOLIENDA

El circuito de molienda tiene una capacidad de diseño de 3241 toneladas por hora con una disponibilidad de 90 por ciento.

El mineral grueso es extraído a través de alimentadores ubicados por debajo del acopio de mineral grueso en un túnel de recuperación que se localiza longitudinalmente al área de acopio. Hay dos áreas de acopio y cada una de ellas tiene tres alimentadores de velocidad variable que extraen el mineral y lo descargan a la faja transportadora que alimenta al molino SAG. En cada punto de transferencia del alimentador, se cuenta con un sistema de eliminación de polvo. El túnel de recuperación también está equipado con un sistema contra incendios con chorro de agua.

El transportador que alimenta al molino SAG descarga en un solo molino SAG accionado por un motor de velocidad variable sin engranaje de 20 100 KW. El molino SAG opera conjuntamente con tres molinos de bolas. La pulpa va del trómel del molino SAG a un distribuidor que alimenta tres bombas de alimentación a ciclones. Estas bombas alimentan tres nidos de ciclones de los molinos de bolas. Cada nido de ciclones cuenta con 14 ciclones que operan en circuito cerrado con un molino de bolas dedicado. Los finos de los tres molinos de bolas pasan a la flotación de cobre. El ochenta por ciento del producto final del circuito del molino de bolas pasa por una malla de 100 micrones si se procesa el mineral que sólo contiene cobre, o por una malla de 150 micrones si se procesa el mineral de cobre/zinc.

Los tres molinos de bolas cuentan con motores sin engranaje de velocidad variable. Cada uno de los molinos de bolas recibe los gruesos, a 70 por ciento de sólidos, de su respectivo nido de ciclones.

El molino SAG y los molinos de bolas cuentan con sistemas de lubricación. Los sistemas de lubricación están incorporados y cuentan con depósitos de aceite y filtros, intercambiadores de calor, bombas circulantes y todos los accesorios. Cada uno de los sistemas de lubricación del molino cuenta con un sistema de elevación hidráulica que

proporciona aceite a presión suficientemente alta para hacer flotar al molino con toda su carga antes de su arranque y después de una breve parada.

El circuito de molienda también contiene equipos e instalaciones para cargar las bolas automáticamente a cada molino según sea necesario.

2.0 DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del circuito de extracción del área de acopio y molienda es el de extraer el mineral chancado del área de acopio y moler el mineral hasta obtener un tamaño lo suficientemente pequeño para liberar las partículas de cobre y zinc del mineral chancado. La molienda se realiza usando un molino SAG en circuito cerrado seguido de un proceso de molienda de bolas en circuito cerrado con clasificación en ciclones.

El circuito de molienda está dividido en los tres siguientes sistemas:

Extracción del Mineral Grueso del Area de Acopio:

El mineral chancado es extraído de cualquiera de las dos áreas de acopio. Cada área de acopio cuenta con tres alimentadores de placas que descargan en la faja transportadora de alimentación al molino SAG. En el túnel de extracción, se usa un sistema de eliminación de polvo. El polvo se elimina en cada punto de transferencia del mineral chancado desde el alimentador de placas hasta la faja transportadora de alimentación.

Molienda en el Molino SAG y Clasificación:

El mineral chancado es trasladado por por la faja transportadora de alimentación al molino SAG para su molienda. La descarga del trómel del molino SAG pasa a un cajón de distribución equipado con tres válvulas de dardo que alimentan a tres cajones de bombas de alimentación a los ciclones. Se agregan al chute de alimentación del molino SAG reactivos como lechada de cal, Zn SO₄, Na CN, y el aceite combustible.

Molieda en el Molino de Bolas y Clasificación:

Los nidos de los ciclones reciben la descarga del molino SAG, la descarga del molino de bolas, y el agua usada para el control de densidad impulsadas por las bombas de alimentación a ciclones. Los finos de los ciclones pasan por un sistema de muestreo en su camino hacia el cajón de distribución de alimentación al circuito de flotación de cobre. Los gruesos de los ciclones pasan al cajón de alimentación al molino de bolas. Se usan tres molinos en el circuito cerrado para moler los gruesos de los ciclones. Se agregan reactivos como lechada de cal, NaCN, ZnSO₄, PAX y 3418 A a la canaleta de gruesos de los ciclones que descargan en el molino de bolas.

Muestreo:

El rebalse de los ciclones es muestreado antes de pasar al circuito de flotación de cobre. Ver figura N° 1.

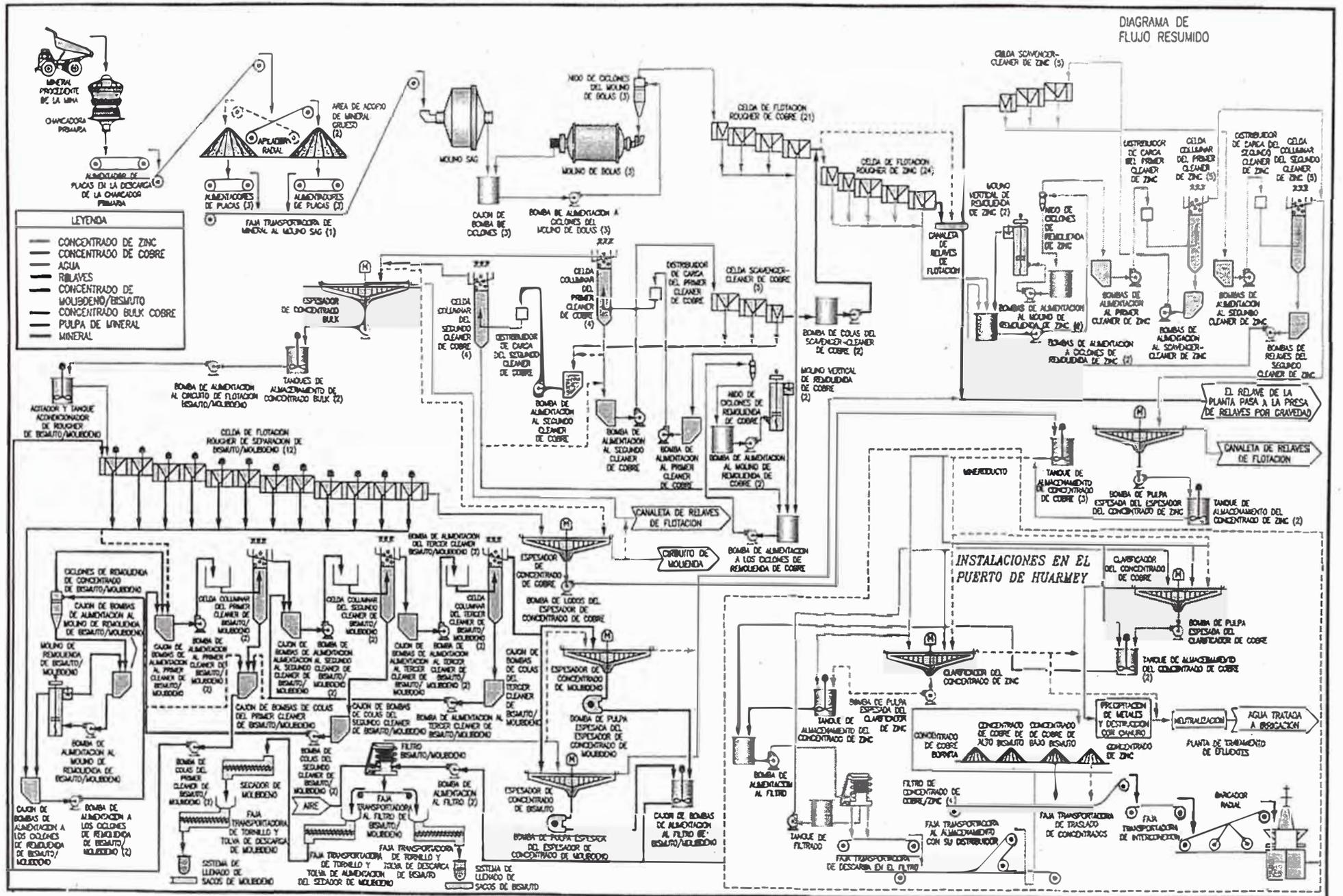


figura N° 1.

2.1.2 EXTRACCIÓN DE MINERAL GRUESO DEL AREA DE ACOPIO

Las dos áreas de acopio de mineral grueso proporcionan una etapa de compensación entre la operación de chancado y la de molienda. La capacidad de almacenamiento total de cada área de acopio es 260 000 toneladas métricas, con una capacidad viva de aproximadamente 50 000 toneladas métricas. La capacidad viva es el tonelaje que los alimentadores de placas pueden extraer del área de acopio sin necesidad de empujar por algún medio el material a los orificios de extracción del alimentador de placas.

Hay tres orificios debajo de cada área de acopio. Debajo de cada uno de éstos hay un alimentador de placas que extrae el mineral del área de acopio. Los orificios y alimentador de placas que extrae el mineral del área de acopio. Los orificios y alimentadores han sido colocados de manera tal que minimicen la formación de ratoneras y maximicen la capacidad de almacenamiento viva del área de acopio. Ratoneras es un término que se usa cuando el material no sale normalmente de la parte inferior de la tolva o silo por si solo, sino que se acumula en formaciones angostas con lados casi verticales.

Ver figuras N° 2, 3 y 4.

ALIMENTADOR DE PLACAS

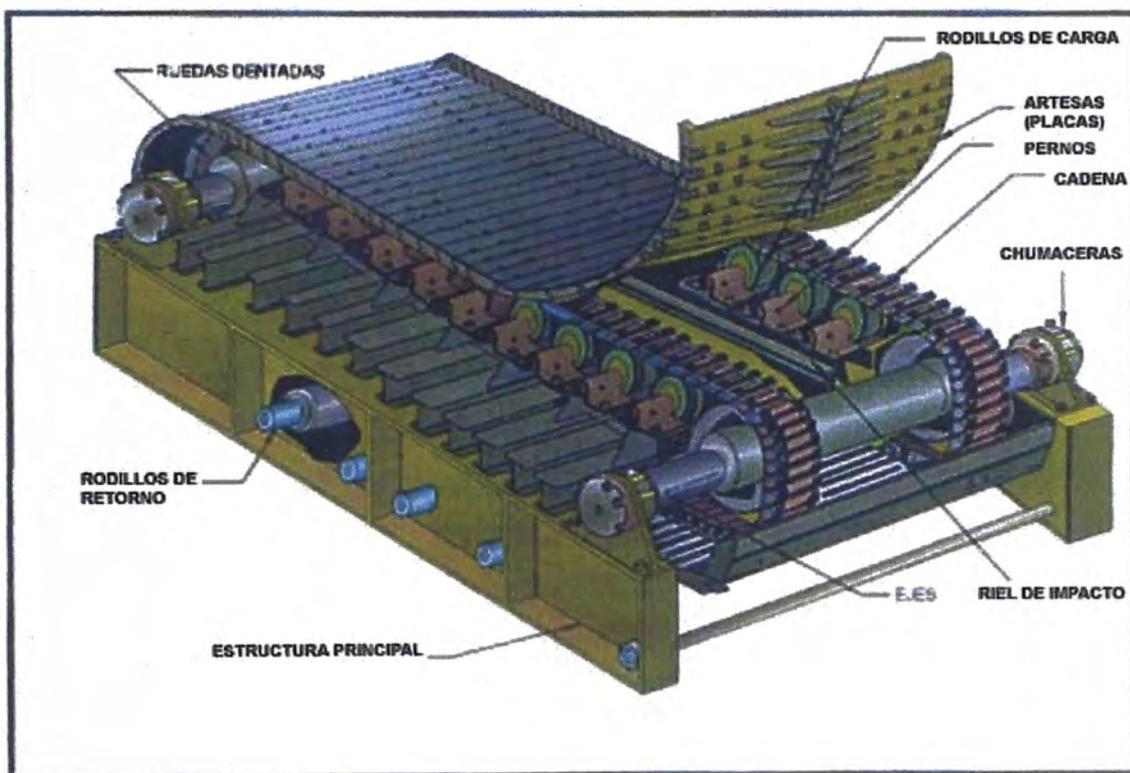
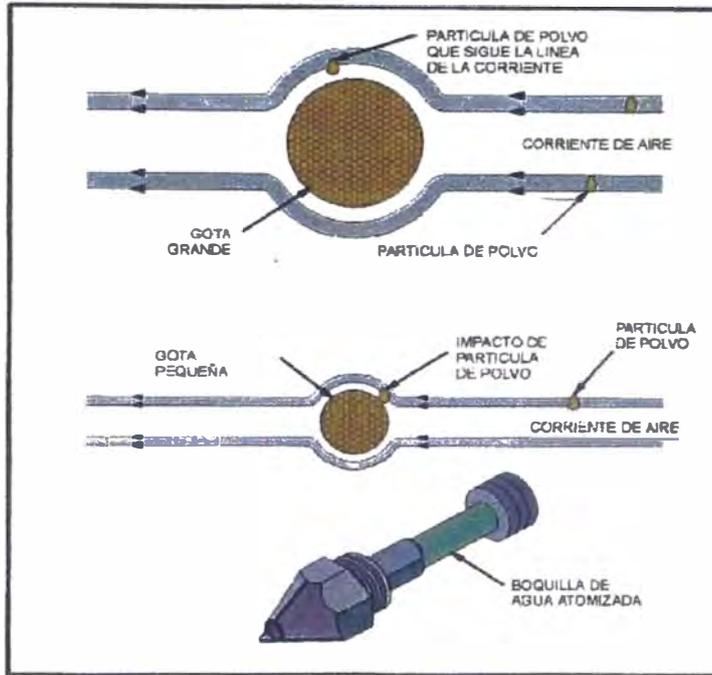


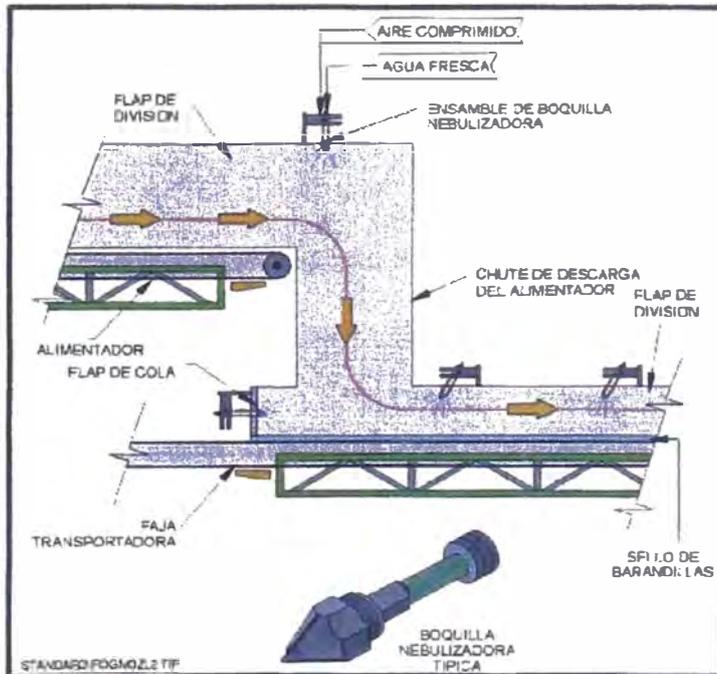
FIGURA N° 2

FIGURA N° 3 Y 4

CAPTURA DE PARTÍCULAS DE POLVO



INSTALACIÓN DE LA BOQUILLA NEBULIZADORA TÍPICA



2.1.3 MOLIENDA EN EL MOLINO SAG Y CLASIFICACION

El proceso de molienda de mineral está diseñado para reducir el tamaño del mineral chancado en su preparación para el proceso de concentración por flotación. El proceso de molienda consume cantidades extremadamente altas de energía eléctrica. Hay cuatro molinos para la molienda: un molino SAG y tres molinos de bola. Cada uno de los molinos es considerado una etapa en el proceso de molienda (reducción de tamaño de mineral) . La meta final del proceso de molienda es reducir la carga del molino a 80 por ciento pasante por 100 o 150 micrones, dependiendo si se está procesando cobre sólo o cobre/zinc. Se ha determinado que éste es el tamaño óptimo para el tratamiento de flotación.

Cada uno de los molinos está diseñado en un sistema de circuito cerrado. Esto significa que el mineral no puede dejar el circuito de molinos hasta que haya sido triturado o molido al tamaño específico. En la etapa de molienda del molino SAG, se usa un trómel integral equipado con aberturas de 13 mm y un spray de retorno a chorro de agua para ser molido nuevamente. En los molinos de bolas, se usan los ciclones para cerrar el circuito. El material devuelto al molino de molienda es denominado carga circulante.

Molienda en el Molino SAG:

Conforme la faja transportadora al molino SAG deja el túnel de extracción, la faja transportadora de carga pasa por debajo de un alimentador de bolas rotatorio. El nivel de carga de bolas en el molino se basa principalmente en el consumo de bolas histórico. Si el mineral se pone más duro y/o mas abrasivo aumenta el desgaste de las bolas. Si el mineral es más suave, el desgaste de las bolas disminuye. Por esta razón, el alimentador de bolas agrega periódicamente bolas de molienda (de 125 mm de diámetro) al material de la faja transportadora de alimentación al molino SAG.

La carga y las bolas de molienda descargan en el chute de alimentación al molino SAG, en el que se agrega agua de proceso. La lechada de cal y el NaCN se agregan al molino SAG tanto para mineral de cobre-zinc como de cobre sólo. Este es el esquema de reactivos normales para el molino SAG. El esquema de reactivos sólo cambia a NaCN y a sulfato de zinc cuando hay cobre oxidado en la alimentación al molino. Se agrega fuel oil si el mineral que se está tratando contiene alto molibdeno. El fuel oil actúa como colector y reacciona con la superficie de las partículas minerales de molibdeno, haciéndolas hidrofóbicas . El sulfato de zinc ayuda a eliminar el zinc en el circuito de flotación de cobre y el cianuro mejora la eliminación de zinc en el mismo paso.

El término molino SAG es el acrónimo de molino de molienda semiautógena. El término molienda semiautógena significa que toda la acción de molienda es realizada por partículas de mineral que son frotadas entre sí. La reducción del tamaño se consigue mediante la acción del mineral de chancado y molienda sobre otras partículas de mineral. Si se tratara de molinos totalmente autógenos, no habría bolas de molienda.

En los molinos semiautógenos, una parte de la molienda es autógena mientras que la otra es realizada por bolas de molienda; de ahí el término semiautógena.

El molino SAG no tiene engranajes y es accionado por el motor con disipador térmico, enfriado con ventilador, de velocidad y frecuencia variables (un motor de anillo). El rotor de este motor está unido al molino, y el estator está construido en un círculo alrededor del molino. La velocidad del molino SAG puede variar. Esto regula la acción de catarata (caída) en el molino y proporciona medios para controlar el régimen de molienda.

El mineral, las bolas de molienda y el agua forman la catarata en el molino, y el tamaño de mineral se reduce hasta que fluye por las parrillas de descarga en el extremo de descarga del molino. El agua se agrega en molino SAG en dos puntos: Se agrega al chute de carga y

también al sistema de retorno del trómel de descarga. La adición de agua combinada se realiza en proporción al peso del mineral que está siendo suministrado desde el área de acopio. Ello permite obtener la densidad de pulpa deseada (también conocida como porcentaje de sólidos) en el molino.

Después que la pulpa de mineral descarga por las aberturas del trómel, cae en una canaleta de descarga y luego pasa al cajón de distribución equipado con dos vertederos ajustables, un vertedero fijo y tres válvulas de dardo. Cada válvula permite que el flujo de pulpa de mineral descargue por gravedad a uno de los tres cajones de bombas a los ciclones.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN MOLINO SAG.

La carga del molino SAG está compuesta de mineral nuevo, bolas de molienda de acero, material de tamaño excesivo recirculado en el molino SAG y agua. La carga total del molino ocupa aproximadamente 20 por ciento del volumen del molino a pesar de que el molino está diseñado para soportar una carga total de 25 por ciento del volumen del molino. Sólo las bolas de molienda ocupan generalmente un aproximado de 5 por ciento del volumen del molino. El molino está diseñado para soportar un volumen de bolas máximo de 15 por ciento. Estos volúmenes de llenado son aproximados, y los volúmenes óptimos dependen de los resultados de la experiencia de la planta.

El molino rota, golpeando violentamente su contenido hasta que se rompa. El molino cuenta con revestimientos de acero y cromo-molibdeno resistente al desgaste para proteger el cilindro . La carga es levantada aproximadamente dos tercios por encima del arco de rotación del cilindro antes de golpearse con la base de la carga. La molienda dentro del molino consiste en romper el mineral mediante acciones combinadas de frotación, contracción del mineral entre las bolas, y abrasión de partículas que se frotan entre sí y con las bolas. En un molino SAG, la molienda por abrasión es mínima.

Ver figura N° 5.

ACCIÓN DE CATARATA DEL MOLINO SAG

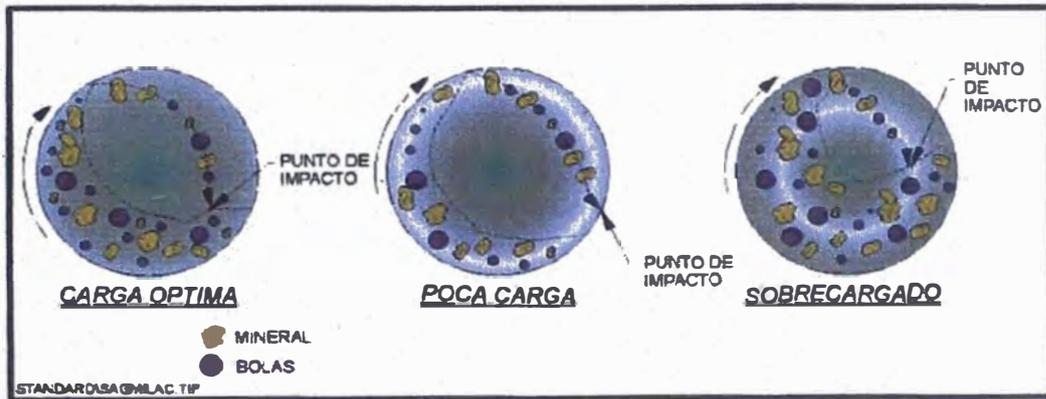


FIGURA N° 5

La velocidad del molino genera gran parte de la acción de elevación del molino. El molino SAG es accionado por un motor de velocidad variable y es operado en el rango de 10 por ciento a 90 por ciento de su velocidad crítica .

Mantener el nivel de carga adecuada en el molino es uno de los elementos más importantes para una molienda eficiente. La variación de la velocidad del molino es una variable de control importante de la operación de molienda. El operador de molienda debe asegurarse que los revestimientos del molino estén protegidos del impacto directo de las bolas de molienda. Esto se logra manteniendo un lecho de mineral en el que las bolas pueden caer durante la acción de catarata. Si el mineral es más suave, la molienda es más rápida.

Cuando el mineral es suave y la velocidad es normal, es difícil mantener un lecho de mineral en el molino y al mismo tiempo evitar que los circuitos aguas abajo reciban demasiada pulpa de mineral molido. En este caso, el operador puede bajar la velocidad del molino. Si el mineral es más duro, el operador puede acelerar el molino. Esto aumenta la acción de catarata, lo que a su vez aumenta la velocidad a la que se rompe el mineral. Por lo tanto, usando la velocidad del molino, el operador puede variar el impacto de rompimiento del mineral y proteger los revestimientos. Es importante que el operador esté consciente que la velocidad del molino y la potencia del motor son directamente proporcionales.

El molino tiene un extremo falso en el cabezal de descarga, formado por sectores de metal pesado. La cavidad entre este extremo y el cabezal del molino está revestido con acero y cromo-molibdeno. La pulpa fluye por los emparrillados en los sectores en los que los elevadores de la pulpa levantan la pulpa conforme el molino rota. Conforme la pulpa llega a la parte superior de su rotación, drena del muñón.

Ver figura N° 6.

ESQUEMATICA DEL MOLINO SAG

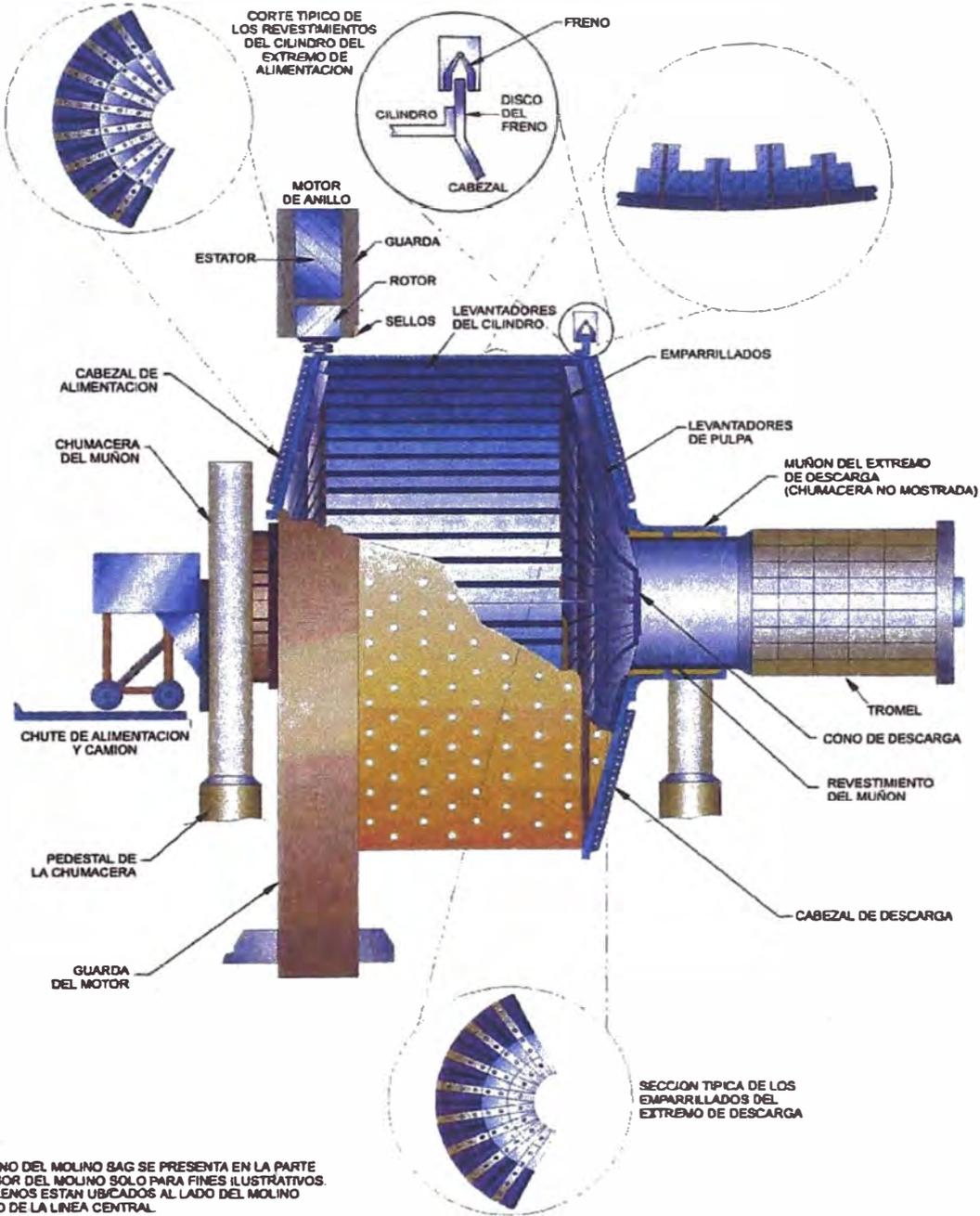


FIGURA Nº 6

SISTEMA DE RETORNO DEL TROMEL

El mineral y el agua, ahora en forma de pulpa, fluyen por los emparrillados de descarga del molino SAG y salen del molino por el muñón de descarga, después que la pulpa sale del muñón del molino SAG, descarga en la malla del trómel. La malla del trómel tiene forma de barril y está pegada al muñón de descarga del molino. La malla tiene ranuras. El material que es más pequeño que estas aberturas, pasa por la malla del trómel, luego por el chute de descarga del trómel, hasta el sumidero de descarga del molino SAG. Este material contiene no sólo el mineral más finamente molido, sino también la mayor parte de agua de la pulpa en la descarga del molino SAG. Una vez en el sumidero de descarga del molino SAG, este material más fino continúa al siguiente paso de molienda.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN SISTEMA DE RETORNO DEL TROMEL DEL MOLINO SAG

El sistema de retorno del material de tamaño excesivo del trómel utiliza la rotación del molino SAG en combinación con un chorro hidráulico para regresar el material de tamaño excesivo al molino SAG.

El medio convencional para recircular el material de tamaño excesivo del trómel al molino SAG es usar una serie de fajas transportadoras para regresar el mineral a la faja transportadora principal, este método requiere espacio adicional en el molino y puede generar altos costos de operación y mantenimiento.

En el sistema de retorno del trómel, el material que excede el tamaño de las aberturas de la malla del trómel se mueve hacia el extremo de descarga de la malla del trómel. Al extremo de la malla del trómel, este material ingresa a las cubetas de retorno del trómel instaladas al extremo del trómel (Observe que parte de este material puede ser bolas de molienda que se han gastado alcanzando un tamaño que les permite pasar por el emparrillado del molino SAG pero no por la malla del trómel). La cubetas están pegadas al trómel y se mueven con éste. Conforme el trómel rota, el mineral es levantado por las cubetas hasta una posición en la que cae por gravedad en la tolva de retorno del trómel. La tolva de retorno del trómel está permanentemente adherida a un marco estacionario en el extremo del molino. Hay una línea de agua de proceso conectada a la tolva de retorno del trómel.

El agua ingresa a la caja de recolección de mineral por un boquilla y tiene suficiente fuerza para sacar el material de la caja, por la tubería de retorno del trómel, y llevarla de regreso al molino donde se vuelve a juntar con la carga del molino. La tubería de retorno del trómel está permanentemente fija en centro del trómel.

La línea de agua de proceso del trómel cuenta con una válvula de mariposa automática para el control de flujo de agua en la boquilla de agua del trómel. Ello permite un medio para controlar el agua que ingresa al sistema de retorno del trómel . El operador ajusta el flujo de agua al sistema de retorno del trómel para cumplir dos objetivos:

- Suministrar suficiente flujo de agua y presión para asegurarse que todo el material que ingresa a la tolva de retorno del trómel sea llevado rápidamente de retorno al molino.
- Asegurar que el sistema de retorno del trómel no es tanto como para llevar a la válvula de control de agua de alimentación del molino SAG fuera de su rango controlable.

En el último caso, si se controla la adición de agua al molino SAG en base a la densidad deseada del molino SAG, al agregar más agua disminuye el flujo de agua que ingresa al chute de alimentación al molino SAG. Es posible, con los aumentos en la adición del chorro de agua del trómel, cerrar completamente la válvula de agua de alimentación que

suministra agua al chute de alimentación del molino SAG, originando un chute de alimentación atorado. El agua para el retorno en el trómel es proporcionada por una bomba de chorro de agua a alta presión.
Ver figuras N° 7 y N° 8

SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOLINO SAG

El muñon/chumacera de empuje del molino SAG están equipados con un sistema de lubricación dedicado. El sistema de lubricación es alimentado desde un tanque de aceite lubricante dedicado.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LAS CHUMACERAS DEL MUÑÓN

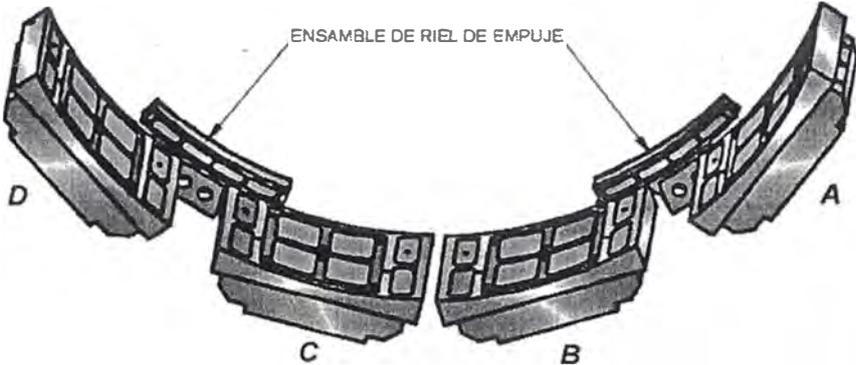
Chumaceras del molino: El molino SAG se apoya en sus muñones (ejes huecos pesados empernados a los cabezales de los molinos) a través del cual pasan la alimentación y la descarga. Las superficies giratorias de la chumacera del muñón son suaves, y cada muñón descansa en cuatro soportes de la chumacera de soportes múltiples hidrostática.

Una chumacera hidrostática es una en la cual se fuerza dentro del espacio entre las superficies desplazables aceite presurizado proveniente de un sistema de lubricación independiente.

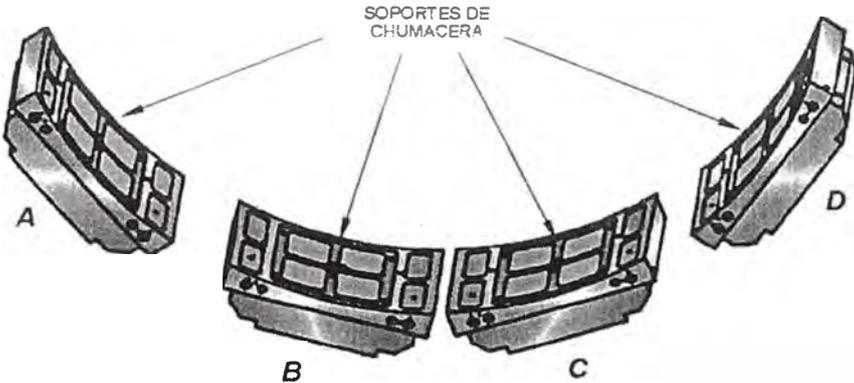
Ver figura.

FIGURA Nº 8

SOPORTES DE LA CHUMACERA HIDROSTÁTICA



**ENSAMBLE DE CHUMACERA FIJA
(EXTREMO DE ALIMENTACION)**



**ENSAMBLE DE CHUMACERA MOVIL
(EXTREMO DE DESCARGA)**

La chumacera en el extremo de alimentación del molino tiene lados de empuje (rieles) contra los cuales pueden desplazarse los muñones con la finalidad de evitar movimiento paralelo al eje del molino. A esto se hace referencia como la chumacera fija. El muñón del extremo de descarga puede moverse a lo largo del eje para permitir la expansión térmica o un ligero movimiento en la cimentación del molino o en sus otros componentes. A esto se hace referencia como chumacera móvil.

Tanque de Aceite: El sistema de lubricación de las chumaceras de los muñones es una unidad independiente y autónoma. Esta cuenta con un tanque de aceite dividido en tres secciones mediante separadores (compartimientos de sedimentación, retorno y acondicionamiento). Visores de vidrio de nivel en la parte exterior del tanque proporcionan una indicación visual del nivel de aceite dentro de cada compartimiento del tanque. El aceite que drena desde las chumaceras ingresa a la sección de sedimentación. Todo sólido grueso se asienta en el fondo de esta sección. El aceite pasa a través de una malla interna al compartimiento, e ingresa al compartimiento de retorno. El compartimiento de retorno contiene calentadores eléctricos para calentar el aceite. El aceite se saca del tanque de retorno mediante bombas y es enviado a un circuito de acondicionamiento. El circuito de acondicionamiento contiene filtros e intercambiadores de calor enfriados con agua para el acondicionamiento del aceite. El aceite fluye a través del circuito acondicionador y hacia el compartimiento de acondicionamiento. Esta sección del tanque contiene dos calentadores eléctricos termostáticamente controlados que aseguran que el aceite esté lo suficientemente tibio para arrancar el sistema luego de una parada. No obstante, el aceite que retorna del molino por lo general está lo suficientemente tibio como para que sea innecesario calentar durante la operación del molino.

Acondicionamiento del Aceite: Acondicionar el aceite implica filtrarlo y enfriarlo. Una de las dos bombas de recirculación (una en operación y la otra en standby) bombea el aceite a través de los intercambiadores de calor. Los intercambiadores de calor usan agua para enfriar el aceite, si fuera necesario.

El flujo de agua de enfriamiento hacia los intercambiadores de calor se gradúa automáticamente mediante una válvula de control de temperatura en la línea de retorno de agua de enfriamiento. Mantener una temperatura constante de aceite resulta extremadamente importante. La viscosidad del aceite cambia significativamente a medida que cambia la temperatura. No sólo tiene que permanecer la viscosidad del aceite en el rango adecuado para la protección de las chumaceras, sino que los cambios en la viscosidad también afectan la contrapresión en las chumaceras. El operador depende de las mediciones de presión de la chumacera para controlar la carga del molino. La válvula de control de temperatura recibe una señal directa desde un elemento de temperatura instalado en la corriente de aceite que deja los intercambiadores de aceite. No hay ajuste por parte del operador en el sistema de control de temperatura. Después de enfriarse, el aceite ingresa a uno de dos filtros (uno es una unidad en standby). Un interruptor de presión diferencial en los filtros activa una alarma cuando el filtro se atora y requiere cambio. El aceite acondicionado (filtrado y enfriado) luego pasa al lado acondicionado del tanque, y el exceso de aceite fluye sobre el separador hacia el compartimiento de retorno.

Sistema de Chumaceras de los Muñones: Hay tres unidades de bomba de tornillo de alta presión, dos en línea y una en standby, que proporcionan aceite al sistema de alta presión. Cada una de las bombas en operación se dedica a una de las chumaceras de los muñones, ya

sea el extremo de alimentación o extremo de descarga del molino. Las bombas entregan aceite a los divisores de flujo dedicados. Los divisores de flujo en las líneas de descarga de la bomba distribuyen el flujo hacia los cuatro soportes de las chumaceras de los muñones. Los divisores de flujo son en esencia una serie de bombas rotativas de engranaje, instalados en un eje motor común, accionado por la presión del aceite de entrada. Conectar las bombas mediante un eje asegura igual rotación de cada bomba rotativa de engranajes. A su vez, esto asegura que la misma cantidad de aceite llegue a cada una de las conexiones de aceite en las chumaceras. Sin los divisores de control de flujo, las diferencias en la presión en las conexiones daría como resultado que las conexiones de mayor presión estén sin aceite. El aceite tiene suficiente presión para levantar el molino y su contenido alejándolo de las chumaceras de los muñones. Cuando el molino está girando, éste va sobre esta película de aceite.

Sistema de la Chumacera de Empuje: Cada divisor de flujo está compuesto de cinco válvulas de control de flujo. Cuatro de éstas alimentan los cuatro soportes de las chumaceras de los muñones en cada extremo del molino. La quinta válvula de flujo en cada divisor de flujo alimenta uno de los rieles de empuje del extremo de alimentación. Este flujo de aceite y presión evitan que los lados de la chumacera hagan contacto, lo que podría provocar que la chumacera se caliente y desgaste. La chumacera de empuje evita que el molino se mueva en forma paralela a su eje.

Ver figura N° 9.

**SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ALOJAMIENTO DE LA CHUMACERA
DEL MUÑÓN DEL EXTREMO DE ALIMENTACIÓN**

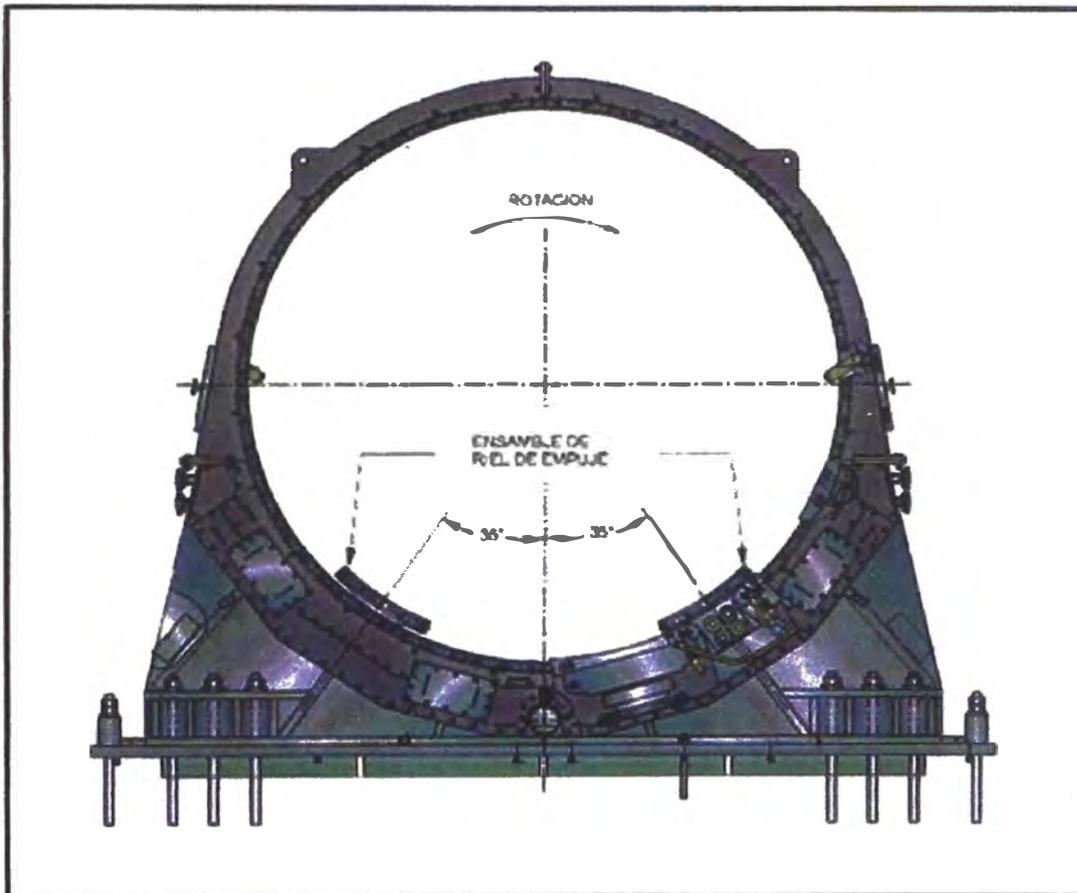


FIGURA N° 9

El aceite proveniente de las chumaceras de los muñones drena hacia los sumideros de los muñones, y luego drena hacia el compartimiento de sedimentación del tanque.

El sistema de lubricación está equipado con una serie de interruptores de flujo, presión y temperatura. Estos dispositivos sirven para advertir al operador sobre condiciones que pueden poner en peligro el equipo. En muchos casos, también paran el equipo y/o evitan que éste arranque.

Circuito de lubricación de Emergencia: En caso que haya una pérdida de flujo o presión en las chumaceras, el circuito de lubricación de emergencia suministra aceite a las chumaceras. Este circuito suministra aceite presurizado hacia las chumaceras el tiempo suficiente para que los frenos hagan detener al molino. El circuito consta de cuatro acumuladores cargados de nitrógeno, una válvula de descarga, una bomba de descarga/carga del acumulador y un ensamble divisor de flujo. El aceite proveniente del compartimiento acondicionado del tanque se saca mediante la bomba de descarga/carga del acumulador y se carga en los acumuladores, los que también contienen suficiente nitrógeno para presurizar el aceite hasta que el molino se detenga. Cuando el sistema es activado por cualquiera de las muchas condiciones de alarma, la válvula de descarga solenoide libera el aceite a través de los divisores de flujo y hacia las chumaceras. Los acumuladores se mantienen a una mayor presión que la que normalmente se requiere en el sistema. Cuando se requiere el sistema de emergencia para suministrar aceite, la expansión del nitrógeno fuerza aceite hacia las chumaceras hasta que la presión del nitrógeno cae. Hay suficiente presión para mantener el flujo de aceite hacia las chumaceras del muñon del molino hasta que los frenos detengan el molino. A pesar de que el flujo de aceite del sistema de descarga hacia las chumaceras es menor que el flujo normal de aceite cuando las bombas de lubricación están operando, el flujo de aceite de descarga y la presión son suficientes para proteger las chumaceras de los muñones durante la parada.

Sistema de Frenos del Molino SAG

El molino SAG está equipado con frenos de caliper que se usan para una parada rápida del molino y evitar que el molino se mueva mientras que se realiza el mantenimiento. Los frenos funcionan de una manera similar a un sistema de frenos de disco en un automóvil aplicando en reversa, es decir, los frenos del molino se enganchan soltando la presión hidráulica. El principio de operación a continuación trata más detalladamente el sistema de frenos del SAG.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

SISTEMA DE FRENOS DEL MOLINO SAG

El molino SAG está equipado con dos juegos de frenos de caliper, con cuatro caliper de resorte en cada juego. Se usan para evitar que el molino se balancee durante el mantenimiento y para detener el molino en una emergencia.

Los calipers se sujetan a bastidores en cada lado del molino. Fuertes resortes sujetan cada caliper en la parte más exterior maquinada de la brida del cabezal de descarga del molino. La presión hidráulica se aplica para superar la presión del resorte para soltar los frenos. Se usa una unidad hidráulica (que consiste de una bomba, filtro y un conjunto de acumuladores de nitrógeno) para proporcionar presión. Los acumuladores almacenan líquido de frenos hidráulico presurizado, y cuando se sueltan los frenos, las válvulas dirigen el líquido presurizado hacia los frenos , soltándolos. La presión del acumulador se mantiene mediante la bomba, la cual arranca y de detiene según se requiera.

Para aplicar los frenos y detener el molino, el líquido hidráulico es purgado desde el sistema, permitiendo a los resortes abrazar la Zapata del freno en el disco de freno (brida). Se puede controlar la cantidad de liberación de aceite (aplicación de los frenos). Para una parada normal a partir de la velocidad de operación, se usa una parada gradual controlada. Cuando se usan los modos Inching (Avance Lento) o Creeping (Desplazamiento) los frenos se aplican o sueltan rápidamente.
Ver figuras N° 10 y N° 11.

ENSAMBLE DE FRENOS DEL MOLINO SAG

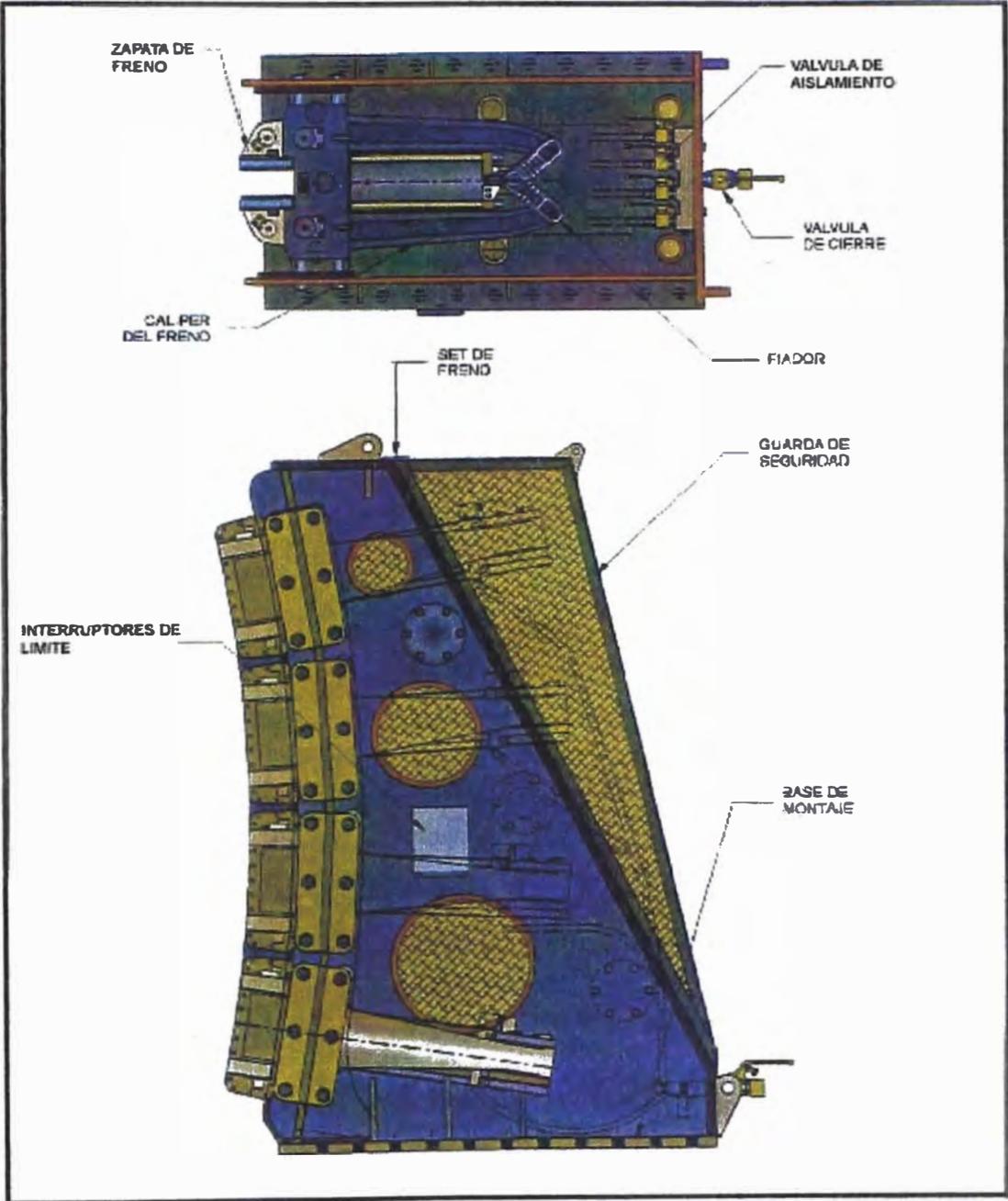


FIGURA N° 10

Sistema de Accionamiento del Molino SAG

El molino SAG puede operarse en modos diferentes. Estos modos son Normal, Creeping y Inching. El modo Normal se usa durante operación de rutina del molino. La finalidad de los modos Creeping e Inching es ayudar en el trabajo de mantenimiento de molino y ayudar a soltar una carga acumulada (o cementada).

PRINCIPIO DE OPERACIÓN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DEL MOLINO SAG

El accionamiento del molino SAG consiste en un motor sincrónico de anillo envuelto alrededor del cilindro del molino SAG, un suministro de energía hacia el motor, un sistema de enfriamiento y un sistema de control complejo. El motor de anillo está construido en segmentos, los segmentos del rotor están empernados a la brida del molino, y el estator es auto estable.

El estator está construido en cuatro segmentos y cada segmento tiene su propio sistema de enfriamiento integral. El aire es arrastrado a través de los filtros, enfriado por el agua que pasa a través de un intercambiador de calor, y soplado a través del motor. El motor está sellado para evitar que entre agua del proceso, y está presurizado para evitar que el polvo ingrese. Para evitar la condensación dentro del motor, los sensores apagarán el agua de enfriamiento a medida que la temperatura de las superficies disminuya (como cuando el molino está apagado). A medida que la temperatura disminuye más, calentadores controlados automáticamente calientan el aire.

En comparación con el diámetro del motor, el entrehierro es bastante pequeño. El molino y el motor deben ser fabricados y alineados con un espacio libre bastante estrecho para evitar que el rotor se acerque mucho al estator durante la operación. Si el rotor pasa demasiado cerca al estator durante la operación, se pueden crear fuerzas magnéticas desequilibradas y esto disminuye el rendimiento del motor.

El espacio libre entre el rotor y el estator, llamado entrehierro, se monitorea muy estrechamente mediante dos tipos diferentes de sensores. El entrehierro tiene aproximadamente 16 mm. Cuando estos sensores detectan cualquier movimiento de los componentes del sistema que haga que el entrehierro se haga más angosto, hay una alarma seguida de una parada del molino. Si se permite al estator ya al rotor hacer contacto, el motor se dañará severamente y la reparación se demorará un tiempo considerable y sería muy costosa .

Se puede variar la velocidad del motor. Esto se hace variando la frecuencia del suministro de energía eléctrica de corriente alterna hacia el motor. A medida que aumenta la frecuencia, el motor irá más rápido. A medida que la frecuencia disminuya, el motor irá más lento. La energía proveniente de la subestación, a 50 Hz (ciclos/segundo), se convierte a una menor frecuencia mediante un cicloconvertidor. El cicloconvertidor convierte la energía de entrada a corriente directa, y luego la vuelve a convertir a corriente alterna a la frecuencia que se requiera. El cicloconvertidor también es refrigerado por agua. El cicloconvertidor tiene un sistema de enfriamiento dedicado que recircula agua desionizada en un lazo cerrado; el agua desionizada caliente pasa a través de intercambiadores de calor de agua desionizada.

El molino, motor y cicloconvertidor son monitoreados y controlados mediante instrumentos que miden las temperaturas, presiones, vibración y las diversas propiedades eléctricas del motor y del suministro de energía. Un sistema de control del proceso (PCS) recolecta datos y proporciona información al personal de mantenimiento eléctrico. Un controlador lógico

programable (PLC) proporciona las acciones de control de alta velocidad requeridas. Toda la información relevante se transmite al cuarto de control PCS.

Las operaciones normales están controladas desde el PCS, en donde las señales ingresadas por los operadores inician secuencias de acciones de control en el PLC. Un panel local en el piso de operaciones proporciona control para mantenimiento. La operación del accionamiento del molino incluye las siguientes características:

Cambio de Dirección: El operador puede cambiar la dirección de rotación del molino desde el indicador del PCS. La dirección de rotación puede cambiarse únicamente cuando el molino se detiene y en una condición de equilibrio.

Arranque Normal: El molino debe estar en descanso con la carga en equilibrio. El molino desengancha el freno (si está aplicado) y acelera el molino a una velocidad programada hasta una velocidad de avance lento para período cordto de tiempo (normalmente 30 segundos). Para la primera mitad de la revolución (180 grados), el sistema de control revisa si hay carga acumulada o cementada. Si el accionamiento del molino no ha detectado una carga en cascada para cuando haya girado hasta los 60 grados de revolución, el motor para. Después de la confirmación de que la carga está en cascada en forma adecuada, pero no menos de 30 segundos a partir del comando de arranque, la velocidad del motor aumenta hasta el valor predeterminado de velocidad deseada.

Arranque en Modo de Avance Lento: El molino debe estar en reposo con la carga en equilibrio . El operador ingresa el ángulo deseado de rotación. Se puede ingresar para rotación en cualquier dirección. El motor de anillo acelera hasta 10 por ciento de la velocidad de diseño y los frenos se liberan en sincronización. Para ángulos de menos de 90 grados, el motor gira el molino a través del ángulo deseado más 360 grados. Esto asegura las cascadas de carga.

Arranque de Modo de Desplazamiento: El motor de anillo del molino SAG arranca y el molino va desde reposo hasta 3 por ciento de la velocidad de diseño y mantiene la velocidad. El molino debe estar en descanso y puede estar en condición de equilibrio o desequilibrio.

Parada Normal: El molino desacelera lentamente por una rampa de velocidad hasta velocidad cero con la carga centrada en la parte inferior. El equilibrio de la carga se hace en forma automática en el modo automático. Durante toda la parada el freno permanece suelto.

Parada Crítica, Anormal : El molino se desacelera con los frenos enganchados en un modo rápido rampa abajo. En no más de 10 segundos el molino se pone en parada en una posición de equilibrio.

Parada de Emergencia : El molino se para apagando toda la energía eléctrica y aplicando el freno. El modo Emergency Stop se usa para proteger al personal y al equipo. El molino se para en una condición de desequilibrio. El sistema de lubricación permanece operativo.

Parada de Emergencia Especial: Hay un botón Emergency Stop en la sala de lubricación que para el sistema de lubricación, desconecta los interruptores principales (desconecta la energía) y aplica los frenos del molino. El molino se detiene en una condición de desequilibrio .

Modo Avance Lento: El molino gira lentamente (10 por ciento de la velocidad de diseño).

Modo Desplazamiento: El molino puede girar lentamente (3 por ciento de la velocidad de diseño) usando el panel de desplazamiento.

Bajando en Manual: El molino puede bajarse a una posición equilibrada si se detuvo en modo Creeping (de Desplazamiento), Inching (Avance lento) , o Emergency Stop.

Presionando un botón se sueltan los frenos, y soltando el botón se aplican los frenos rápidamente. Este procedimiento se puede repetir varias veces para bajar el molino.

2.1.4 MOLIENDA EN EL MOLINO DE BOLAS Y CLASIFICACION

Clasificación :

La clasificación es el proceso de separación en diferentes tamaños. En el circuito de Antamina, se usan ciclones para la clasificación de tamaños. El uso de ciclones es un método de separación por gravedad que no es costoso. El ciclón es un dispositivo que separa el producto mezclado del molino SAG y el molino de bolas en dos partes: el producto terminado, que es molido al grado de finura deseado; y el material grueso de tamaño excesivo, que es devuelto al molino de bolas para su remolienda.

La pulpa de tamaño fino adecuado del trómel de descarga del molino SAG es dividida en tres y enviada directamente a cada cajón de bombas de alimentación a los ciclones de los molinos de bolas, donde se combina con la descarga del molino de bolas. En este punto, se agrega agua de proceso para el control del tamaño de partículas de los ciclones.

Cada cajón de alimentación a los ciclones está equipado con una bomba que transporta la mezcla resultante de pulpa molida y agua de proceso a su nido de ciclones. Cada nido de ciclones está equipado con 14 ciclones que son alimentados por un distribuidor de alimentación común. Los gruesos de los ciclones en funcionamiento en el nido se unen en la canaleta de gruesos de los ciclones, pasan al cajón de alimentación al molino de bolas y luego al molino de bolas.

Cada bomba de alimentación a ciclones tiene una válvula de compuerta tipo cuchilla en la tubería de succión de la bomba. Las válvulas de succión de la bomba se usan para aislar la bomba mientras la planta funciona y la bomba está parada. Están equipadas con actuadores operados neumáticamente y son operados remotamente por el operador del PCS. Las tuberías de descarga y succión de bombas también tienen tuberías de drenaje que están equipadas con válvulas de compuerta tipo cuchilla operadas neumáticamente.

Los drenes de la tubería de descarga y de succión de la bomba así como las válvulas de aislamiento operan automáticamente. Cuando la bomba se para, la válvula de aislamiento de succión se cierra y las válvulas de drenaje se abren automáticamente. La bomba de alimentación a los ciclones no puede ser arrancada a menos que las válvulas de drenaje estén cerradas y la válvula de aislamiento se abra. Los interruptores de posición en la válvula envían señales de datos al PCS que confirman la posición de la válvula.

La tubería de descarga de la bomba de alimentación a los ciclones ingresa a un nido de 14 ciclones. El nido está compuesto de ciclones, un distribuidor de alimentación una canaleta de recolección de finos y una canaleta de recolección de gruesos. Normalmente, 12 de los ciclones están en uso mientras que los otros dos están en standby. Las válvulas de compuerta tipo cuchilla se usan en las tuberías de entrada a los ciclones entre el distribuidor múltiple del ciclón y cada ciclón. Estas válvulas de compuerta tipo cuchilla actúan neumáticamente y son operadas remotamente desde el PCS. Al igual que las válvulas de la tubería de succión de la bomba de alimentación a los ciclones, las válvulas de aislamiento de ciclones están equipadas con interruptores de posición.

La pulpa de gruesos de cada ciclón es recolectada en una canaleta y fluye por gravedad al cajón de alimentación al molino de bolas. El rebalse de cada ciclón es recolectado en una canaleta diferente, que descarga por gravedad en el muestreador primario de finos de los ciclones y luego en el cajón de distribución de alimentación a flotación de cobre. Una parte

de la pulpa del primer muestreador pasa al muestreador secundario y luego también al cajón de distribución de alimentación a flotación de cobre. Una parte de la pulpa del segundo muestreador es enviada al analizador de tamaño de partículas, y la pulpa pasa al circuito de flotación rougher de cobre. El analizador de tamaño de partículas proporciona datos sobre la fineza y densidad del rebalse de los ciclones.

MOLIENDA EN EL MOLINO DE BOLAS

Los gruesos de los ciclones descargan por gravedad en el cajón de alimentación al molino de bolas. El alimentador de bolas agrega las bolas de molienda (125 mm de diámetro) al cajón de alimentación al molino de bolas. También se agrega lechada de cal, NaCN y PAX al molino de bolas por la canaleta de gruesos de los ciclones tanto para el mineral de cobre-sólo como de cobre-zinc. Cuando el porcentaje de cobre soluble en la alimentación excede 0.1 por ciento, se usan el NaCN y el sulfato de zinc en lugar de la lechada de cal. También se agrega 3418 A a la canaleta de gruesos de los ciclones si se está tratando mineral de cobre-zinc. El sulfato de zinc ayuda a eliminar el zinc en el circuito de flotación de cobre, el cianuro mejora la eliminación de zinc en la misma etapa. Los dos colectores (PAX y 3418 A) reaccionan con la superficie de partículas de mineral de cobre y hacen hidrofóbicas (repelentes al agua).

La descarga del molino de bolas fluye por gravedad en el cajón de bombas de alimentación a los ciclones donde se encuentra con la corriente de pulpa del cajón de distribución del molino SAG.

El molino de bolas no tiene engranajes y es accionado por un motor con disipador térmico enfriado con ventilador, de velocidad y frecuencia variables (un motor de anillo). El rotor de este motor está unido al molino, y el estator está construido en un círculo alrededor del molino.

El agua y el mineral, ahora en forma de pulpa, rebalsan el muñon de descarga del molino de bolas y fluye hacia la caja de bombas de alimentación al ciclón. Aquí se agrega agua a esta pulpa para ajustar la densidad de la pulpa antes de que la pulpa diluida sea bombeada al sistema de clasificación en ciclones. Las partículas de mineral son clasificados en los ciclones. Las partículas de mineral más pequeñas y la mayor parte del agua de la pulpa de alimentación al ciclón deja el ciclón mediante la línea de rebalse de los ciclones. Este material deja el circuito del molino de bolas y fluye hacia el siguiente proceso aguas abajo (flotación). Las partículas más grandes y parte del agua deja las espigas de gruesos de los ciclones y fluyen por gravedad de vuelta al cajón de alimentación al molino de bolas.

El sistema de lubricación , el sistema de frenos y el sistema de accionamiento de los molinos de bolas es similar al que tiene el Molino SAG.

MUESTREO

Muestreadores Primarios y Secundarios

Los finos de los ciclones del molino de bolas pasan por un muestreador primario LSA estacionario en línea de 30 pulgadas donde se toma una muestra de la pulpa del rebalse. El resto de la pulpa fluye al cajón de distribución de alimentación al circuito de flotación de cobre.

La muestra primaria pasa luego por un muestreador secundario LSA estacionario en línea de 10 pulgadas, donde se extrae otro poco de pulpa. Nuevamente, el resto de la pulpa fluye al cajón de distribución de alimentación al circuito de flotación de cobre.

La muestra de pulpa secundaria fluye a un analizador de tamaño de partículas, donde se miden el tamaño de partícula y la densidad de la muestra. El analizador del tamaño de partículas monitorea la finura y densidad del rebalse de los ciclones.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN MUESTREADORES DE PULPA

Los muestreadores están diseñados para tomar muestras representativas de los flujos del proceso. Las muestras dan información útil para el control de la planta y para tomar decisiones sobre el proceso de producción metalúrgica. Con la finalidad de permitir correctas decisiones de control y apropiadas decisiones metalúrgicas, las muestras deben representar en forma exacta la corriente, es decir, deben contener todos los tamaños, formas y densidades de partículas en la misma proporción que en el flujo original. Esto es difícil en una corriente de pulpa porque los sólidos rara vez se mezclan en forma perfecta. La gravedad y otras fuerzas de la naturaleza trabajan constantemente para separar las partículas gruesas de las finas y las partículas pesadas de las livianas.

En el circuito de molienda en Antamina, se usa un tipo de muestreador de pulpa. Este tipo de muestreador se llama muestreador por gravedad o muestreador estacionario en línea. Este tipo de muestreador se instala en canaletas o tendidos de tubería horizontal en donde la pulpa fluye por gravedad donde un paso del proceso al siguiente. Los muestreadores Modelo LSA Outokumpu generalmente son adecuados para el muestreo en tuberías no presurizadas, casi horizontales de 100 a 600 mm de diámetro. Un cortador de acero inoxidable instalado en el centro del cuerpo en forma de caja del muestreador corta una muestra representativa del flujo del proceso. La caja, que tiene un área más grande que la tubería de alimentación, permite una excelente mezcla de la pulpa, reduciendo de esta manera la posibilidad de bias del tamaño de partículas. Los mejores resultados de muestreo se obtiene en tuberías con un flujo semiturbulento y un flujo razonablemente constante. La muestra fluye de la caja por gravedad. Se instala un juego de válvulas para detener el flujo de la muestra y lavar la línea de muestras. Esto ayuda a mantener la ranura libre de desechos. Ranura centrada en donde se instala un cortador. Algunas veces hay dos ranuras instaladas.

El monitor del tamaño de partículas proporciona información sobre la finura del producto y la densidad del rebalse de los ciclones.

Ver figura N° 12.

MUESTREADOR ESTACIONARIO EN LÍNEA

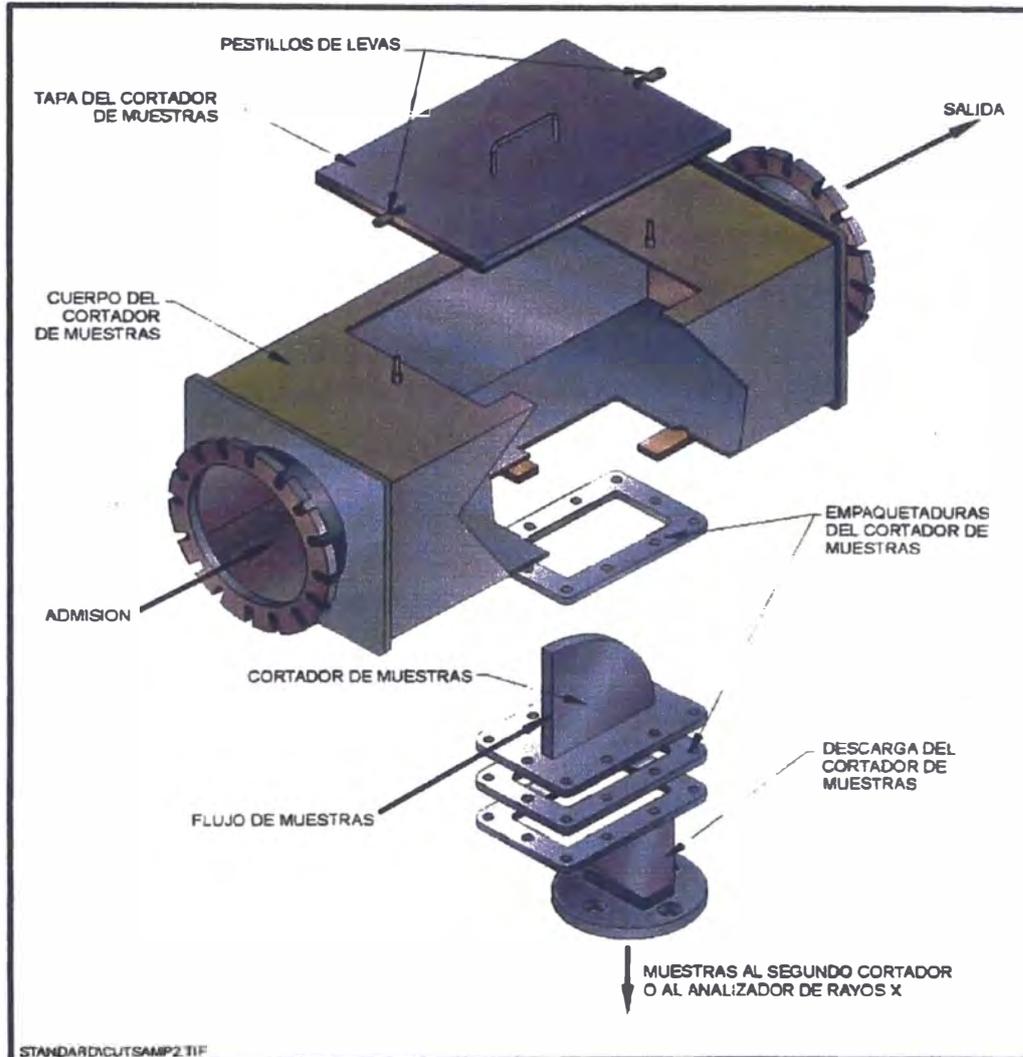


FIGURA N° 12

PRINCIPIO DE OPERACIÓN ANALIZADOR DEL TAMAÑO DE PARTICULAS

Outokumpu PSI 200 es una unidad de medición del tamaño de partículas en línea. PSI son abreviaturas de indicador del tamaño de partículas en inglés. La unidad consiste de un sistema distribuidor de muestras, un panel de control, una unidad de medición del tamaño de partículas, un muestreador de calibración, y unidades de suministro de aire y electrónica. Un muestreador primario elimina una muestra representativa de la corriente del proceso y alimenta un sistema distribuidor de muestras. El muestreador primario está diseñado para eliminar una pequeña fracción de su corriente de pulpa de alimentación. Es muy importante que la muestra eliminada sea representativa de la distribución del tamaño de partículas de la corriente de pulpa de alimentación. Si la corriente de pulpa de alimentación tiene 20 por ciento de sus partículas con un tamaño mayor a los 50 micrones, la corriente de muestras también debe tener las mismas propiedades del tamaño de partículas. Si la muestra no es representativa de la corriente de pulpa de alimentación, la determinación del tamaño de partícula por el PSI 200 no proporcionará información precisa sobre el tamaño de partícula para la corriente de pulpa del proceso que esta siendo muestreada.

El funcionamiento del PSI 200 es controlado por el panel indicador de control y el sistema electrónico del sistema. Estos controles determinan cuando una muestra se va a enviar por el analizador. Los controles también determinan la duración de la medición de la muestra. El tiempo del sistema es determinado por los ingenieros de la planta y es programado en el PSI 200 por los técnicos de instrumentos y metalurgistas.

La secuencia de medición empieza con la computadora del PSI 200 que envía un comando al actuador de la muestra a la unidad de medición del tamaño de partícula. El actuador aleja la manguera de muestras del compartimiento de desviación para descargar en el compartimiento que alimenta la unidad de medición del tamaño de partículas. La muestra fluye por la unidad de medición, y después de un corto periodo de tiempo, empieza el proceso de medición. La muestra descarga de la unidad de medición del tamaño de partículas por un muestreador de calibración y regresa al proceso.

El proceso de medición de muestras es muy similar al método que un operador puede usar para revisar manualmente el tamaño de partículas de una corriente de pulpa. Por los años, los operadores han tocado la corriente de pulpa que fluye entre el índice y el pulgar. El operador siente la cantidad de partículas gruesas y mentalmente se aproxima al grosor de la pulpa. El PSI 200 usa un método muy similar de determinación del tamaño de partículas. La pulpa pasa por la unidad de medición y es continuamente tocada por un martillo muy pequeño y un sistema de yunque. El martillo y el sistema de yunque cuenta con calipers que miden la distancia entre ellos cada vez que se colocan juntos. Esta distancia es continuamente registrada por la computadora del PSI 200 durante el periodo de medición. Cuando el periodo de medición termina, la corriente de muestras regresa a la posición de desviación por el actuador, y el agua es introducida a la unidad de medición del tamaño de partículas por la línea de lavado a presión para eliminar los sólidos. Al mismo tiempo, el sistema electrónico de PSI 200 hace un promedio de los datos de los calipers y calcula la distribución del tamaño de partículas de la muestra. Se realiza el cálculo usando ecuaciones predeterminadas en la computadora del PSI 200. Estas ecuaciones son determinadas por ingenieros de planta y los técnicos en instrumentos comparando el análisis de PSI 200 de un número de muestras diferentes con los resultados de distribución del tamaño real de estas muestras. El muestreador de calibración se usa para eliminar la muestra durante un análisis. El análisis de tamaño de la muestra de calibración se determina en el laboratorio.

ANALIZADOR DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

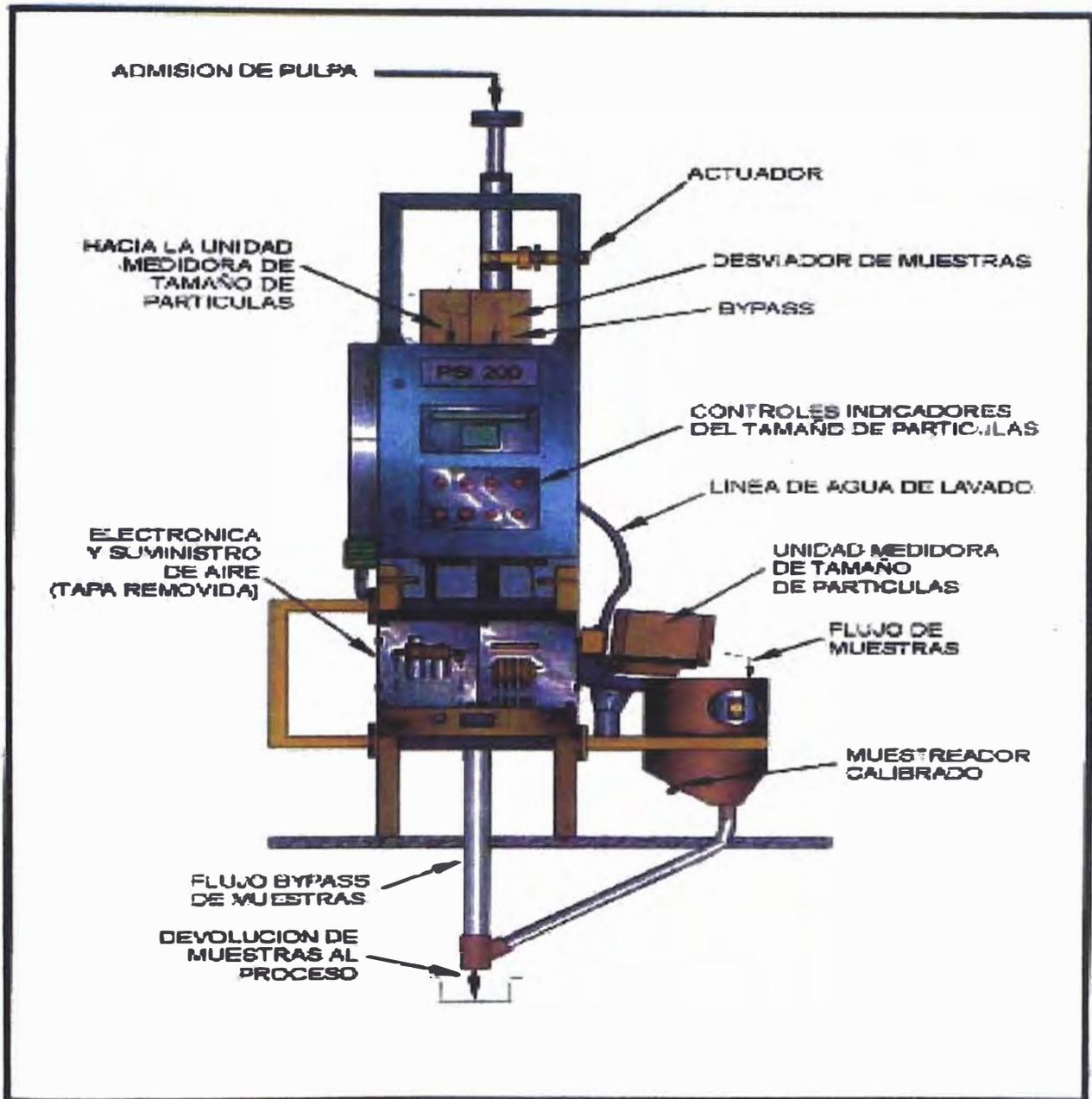


FIGURA Nº 13

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Esta sección proporciona una breve descripción de los principales equipos del proceso en el circuito de extracción del área de acopio y molienda. Describe las especificaciones de los equipos principales y contiene información importante sobre el control del proceso.

2.2.2 ALIMENTADORES DE PLACAS PARA EXTRACCIÓN DEL MINERAL DE LAS PILAS DE ACOPIO

Hay tres alimentadores de placas debajo de cada área de acopio de mineral grueso que extraen este mineral para trasladarlo al molino SAG para su molienda y clasificación.

2.2.2.1 ALIMENTADORES DE PLACAS PARA EXTRACCIÓN DE MINERAL GRUESO

- Fabricante: Svedala M:I.
- Tipo : Paletas de acero al manganeso y accionamiento hidráulico de velocidad variable Haaglunds.
- Tamaño: 1.5 metros de ancho, 6 metros de largo
- Capacidad de diseño: 1620 tmph
- Potencia hidráulica : 45 Kw

Hay importantes controles de proceso de la alimentación de mineral grueso a cada alimentador de placas:

- Se controla el peso total del mineral que está siendo depositado en la faja transportadora del molino SAG.
- Para controlar el régimen de alimentación al molino SAG, cada uno de los alimentadores es controlado como ratio/bias para alcanzar el régimen de alimentación necesario para el molino SAG.

2.2.3 SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE POLVO DEL ALIMENTADOR DE PLACAS

El área de almacenamiento y extracción de mineral grueso está equipada con un sistema de eliminación de polvo en las áreas de alta producción de polvo. Estas áreas comprenden los puntos de descarga del alimentador de placas debajo de cada área de acopio. El sistema de eliminación de polvo consiste en un sistema de tipo aglomerativo que emplea sprays de aire atomizado para crear niebla fina y de esta manera eliminar el polvo.

El sistema de eliminación de polvo para cada área de acopio es distribuido desde una cabina multifunciones. Estas cabinas contienen los principales reguladores y filtros para el aire y agua suministrados al sistema de eliminación de polvo. Los módulos de control de flujo controlan el aire y agua desde las cabinas de control multifunciones hasta los sprays de eliminación de polvo.

2.2.3.1 CABINAS DE CONTROL MULTIFUNCIONES DEL SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE POLVO DE LOS ALIMENTADORES DE PLACAS

Especificaciones Principales

- Módulos de control de flujo: Descarga del alimentador de placas.
- Presión y flujo de aire: 45 m³/h a 480 Kpa
- Flujo de agua: 2 Lpm a 350 Kpa
- Boquillas : 8 tipo nebulizadoras.
- Sistema de calibración : Cadena de calibración completa con motor.

Potencia del motor de calibración: 2.2 Kw

El sistema de eliminación de polvo se activa cuando el alimentador de placas correspondiente está funcionando.

2.2.4 BALANZA DE LA FAJA

La balanza de la faja se usa para pesar el mineral extraído por los alimentadores de placas.

Especificaciones Principales:

Tipo : Grúa puente/carrito con sensor de velocidad de faja e integrador.

Tamaño: 1524 mm de ancho

Capacidad de diseño: 0 a 6000 tmph

2.2.5 FAJA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO SAG

La faja transportadora de alimentación al molino SAG transporta el mineral desde los alimentadores de placas y la descarga del chute de derrames hacia el chute de alimentación al molino SAG.

Especificaciones Principales:

Tipo de faja : Faja de tejido

Velocidad de la faja : 2.75 mps

Tamaño : 1.5 m de ancho por 261 m de largo, 2.6 m de caída

Capacidad de diseño: 4860 tmph

Motor de accionamiento : 3600 Kw

Tipo de polea tensora : Gravedad.

2.2.6 ALIMENTADOR DE BOLAS AL MOLINO SAG

El objetivo del sistema de control de alimentación de bolas al molino SAG es mantener el volumen deseado de bolas de molienda en el molino SAG. El alimentador de bolas agrega las bolas de molienda periódicamente al mineral extraído en la faja transportadora de alimentación al molino SAG. Las bolas tienen 125 mm (5 pulgadas) de tamaño, y se colocan 14 en la faja por minuto.

El alimentador de bolas rotatorio del molino SAG cuenta con un control de proceso basado en el hecho que la adición de bolas es proporcional al volumen de mineral que está siendo procesado. El contador de bolas registra el número de bolas que se agregan, y esta señal es enviada al controlador. El controlador también recibe una señal del peso de mineral proveniente de la balanza en la faja transportadora de alimentación al molino SAG. Se calcula la relación entre el régimen de alimentación de mineral y los kilogramos de bolas que se agregaron inicialmente a la faja transportadora.

Especificaciones Principales:

- Tamaño : 2.35 m por 508 mm de diámetro

- Régimen de alimentación : 14 bolas por minuto.

Motor de Accionamiento : 1.35 Kw.

2.2.7 MOLINO SAG

Hay un molino SAG dedicado a moler las partículas de mineral extraído de las áreas de acopio. El molino SAG es alimentado por la faja transportadora. El molino SAG se llena periódicamente con bolas de molienda de 125 mm para ayudar a moler el mineral grueso de manera que el 80 por ciento sea menos de 100 o 150 micrones dependiendo del tipo de mineral grueso que está siendo tratado.

Especificaciones Principales:

Fabricante : FFE Minerals

Tamaño : 11.6 m de diámetro por 5.8 m EGL

Material del revestimiento : Acero fundido Cr-Ni.

Tipo y tamaño de la parrilla : Parrilla de descarga tipo ranurada, abertura 38 mm.

Abertura de los paneles del trómel : 13 mm de ancho en ranuras ahusadas ID

Tipo de sistema de retorno de mineral de sobre tamaño: Cajón de recolección de sobretamaño/retorno con chorro de agua.

Tipo de accionamiento del molino: Sin engranajes.

Tipo de motor del molino: Con disipador térmico.

Cojinetes : Hidrostático.

Potencia : 20,100 Kw (27,000 hp) a 9.78 rpm

Avance lento : 0.98 rpm

Deslizamiento : 0.30 rpm

El molino SAG tiene un control de proceso basado en el control de densidad. En parte, la eficiencia de molienda es una función de la densidad de la pulpa en el molino. Para controlar la densidad de la pulpa, se agrega automáticamente agua de proceso en proporción a la alimentación de mineral al molino SAG.

2.2.8 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MUÑÓN DEL MOLINO SAG

Los muñones del molino SAG están equipados con un sistema de lubricación exclusivo. El sistema de lubricación es alimentado por un tanque de aceite de lubricación exclusivo. El sistema de lubricación está equipado con una bomba de circulación, una bomba a alta presión, una bomba de los acumuladores, y un calentador sumergido para mantener el aceite en la temperatura adecuada de operación.

2.2.8.1 BOMBAS DE CIRCULACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MUÑONES DEL MOLINO SAG

Especificaciones Principales:

Tipo : Tornillo

Régimen de flujo: 70 m³ por hora a 690 Kpa de cabeza total

Tamaño del motor 22 Kw

Material de construcción : Acero al carbono

Bombas de servicio : Una en operación y la otra standby

2.2.8.2 BOMBAS DE ALTA PRESIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE MUÑONES DEL MOLINO SAG

Especificaciones Principales:

Tipo : Tornillo

Régimen de flujo : 30.4 m³ por hora a 10,340 Kpa de cabeza total.

Tamaño del motor : 110 Kw

Material de construcción : Acero al carbono.

Bombas en servicio: Dos en operación y una standby

2.2.8.3 BOMBA DE LOS ACUMULADORES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE MUÑONES DEL MOLINO SAG

Especificaciones Principales

Tipo : Engranaje

Régimen de flujo: 1.7 m³ por hora a 20,515 Kpa de cabeza total.

Tamaño del motor : 15 Kw
Material de construcción: Acero al carbono
Bombas en servicio : Una

2.2.8.4 CALENTADORES DEL TANQUE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE MUÑONES DEL MOLINO SAG

Especificaciones Principales:

Tipo : Inmersión eléctrica
Tamaño del motor : 8 Kw

2.2.9 BOMBAS Y CAJONES DE BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS CICLONES DEL MOLINO DE BOLAS

La descarga de la pulpa del molino SAG pasa al cajón de distribución y luego a uno de los tres cajones de bombas de alimentación a los ciclones. El cajón de bombas de alimentación a los ciclones proporciona un volumen de compensación entre el cajón de distribución del molino SAG y el cajón de alimentación al molino de bolas. La pulpa del cajón de bombas es bombeada al nido de ciclones para su clasificación. La bomba de alimentación a los ciclones del molino de bolas se usa para controlar el nivel en el cajón de alimentación a los ciclones y proporcionar un flujo estable de pulpa al nido de ciclones.

2.2.9.1 CAJONES DE BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS CICLONES DEL MOLINO DE BOLAS

Especificaciones Principales:

Tipo : Cajón
Tamaño : 5 metros por 7.3 metros por 7 metros de alto.
Material de construcción: Concreto.

2.2.9.2 BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS CICLONES DEL MOLINO DE BOLAS

Especificaciones Principales:

Tipo : Centrífuga horizontal
Tamaño de succión / descarga : 76 cm/ 71 cm.
Capacidad : 5,304 metros cúbicos por hora a 30.5 metros de cabeza total
Suministro de agua de sello : Sí
Material de construcción : Metal duro
Velocidad variable : Sí
Tamaño del motor : 1,500 hp

Hay un control de proceso para el control de nivel del cajón de bombas de alimentación a los ciclones del molino de bolas. Hay un control de nivel para cada cajón de bombas. Un indicador de nivel sónico mide el nivel, y un controlador de nivel envía una señal para aumentar o disminuir la velocidad de la bomba de alimentación a los ciclones para mantener el nivel en el cajón de bombas.

2.2.10 NIDO DE CICLONES DEL MOLINO DE BOLAS

La pulpa del cajón de bombas de alimentación a los ciclones del molino de bolas es bombeada al nido de ciclones del molino de bolas. El nido de ciclones es un dispositivo de clasificación de partículas que separa la mayoría de las partículas finas de las partículas

gruesas. Las partículas finas (finos) están listas para la flotación de cobre. Los finos de los ciclones pasan al cajón de distribución de alimentación de flotación de cobre. Las partículas más gruesas requieren una reducción de tamaño y por lo tanto regresan al cajón de alimentación del molino por la canaleta de gruesos. La canaleta de gruesos también recibe los siguientes flujos:

- Lechada de cal
- Cianuro de sodio
- Sulfato de zinc
- Reactivo 3418 A
- Reactivo PAX

Especificaciones Principales:

Número de ciclones: 14 (normalmente 12 en operación y 2 standby)

Control de flujo : Válvulas de compuerta tipo cuchilla Clarkson KGA en cada línea de alimentación al ciclón.

Tamaño de cada ciclón : 660 mm de diámetro.

Material de construcción : Acero al carbono, revestido con caucho y apex de carburo de silicio.

Hay dos formas de control automático del proceso para el nido de ciclones del molino de bolas:

_ Control de la presión de alimentación al nido de ciclones. El transmisor indicador de presión ubicado en el distribuidor del nido de ciclones del molino de bolas lee la presión de la pulpa en el distribuidor. El transmisor envía esta medición de presión a un controlador indicador de presión, que compara la medida de presión con la deseada ajustada por un operador. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador aumenta o disminuye el número de ciclones en línea para obtener la presión en el distribuidor de ciclones dentro del rango objetivo.

Control de densidad de alimentación a los ciclones: El detector de densidad proporciona una señal continua correspondiente a la densidad de la pulpa. La densidad real medida es transmitida al controlador indicador de densidad, que compara la medición con el valor de densidad deseado y establecido por el operador. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador de densidad envía una señal remota de valor predeterminado al controlador indicador de flujo, que regula la adición de agua de proceso al cajón de alimentación de ciclones. El controlador indicador de flujo modula la válvula de control de flujo de agua del proceso hasta llevar el valor de densidad al rango objetivo.

2.2.11 CAJON DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO DE BOLAS

Los gruesos del nido de ciclones del molino de bolas son suministrados al cajón de alimentación al molino de bolas, junto con las bolas.

Especificaciones principales:

- Tipo : cajón
- Tamaño : 2 metros por 2 metros por tres metros de alto.
- Material de construcción: Acero al carbono/ revestido de caucho.

2.2.12 MOLINO DE BOLAS

Los gruesos del nido de ciclones del molino de bolas son recolectados en el cajón de alimentación al molino de bolas. Hay tres molinos de bolas que son servidos por un molino SAG. Cada molino de bolas tiene su propio circuito que comprende un cajón de bombas de alimentación a ciclones, nido de ciclones, bomba de alimentación a ciclones, y un cajón de alimentación al molino de bolas.

Especificaciones principales:

- Tamaño : 7.3 m (24 pies) de diámetro por 10.8 m (35.5 pies) EGL
- Construcción del casco: Acero al carbono
- Cojinetes : Hidrostáticos
- Frenos : Hidráulico
- Tipo de motor : Sin engranajes
- Tipo de motor del molino: Con disipador térmico
- Potencia : 11,186 Kw. (15,000 hp)
- Avance lento : 1.17 rpm
- Velocidad de deslizamiento.

2.2.13 ALIMENTADOR DE BOLAS ROTATORIO DEL MOLINO DE BOLAS

El objetivo del sistema de control de alimentación de bolas al molino de bolas es mantener el volumen deseado de bolas de molienda en el molino de bolas. El alimentador agrega bolas de molienda periódicamente al cajón de alimentación del molino de bolas a través de fajas de alimentación y de transferencia. Las bolas tienen 120 mm (3 pulgadas) de tamaño, y se agregan 120 a la faja transportadora cada minuto.

Especificaciones principales (Alimentadores de bolas rotatorios del molino de bolas)

- Tamaño : 3.277 m por 508 mm de diámetro.
- Régimen de alimentación : 120 bolas por minuto
- Motor de accionamiento : 3.6 Kw

Especificaciones principales (Faja de transferencia de bolas del molino de bolas)

- Tamaño : 45 cm de ancho por 156 metros de largo.
- Tipo de faja : Faja de tejido
- Velocidad de la faja : máximo 0.3 m/s
- Capacidad de diseño : 32 tmph
- Motor : 3.7 Kw

Especificaciones principales (Faja transportadora de alimentación de bolas del molino de bolas:

- Tamaño : 457 mm de ancho por 59.3 metros de largo
- Tipo de faja : Faja de tejido
- Velocidad de la faja : máximo 0.3 m/min
- Tipo de cuchillas : Dos cuchillas de desviación neumáticas
- Capacidad de diseño: 32 tmph
- Motor : 6.7 Kw

2.3 FILOSOFIA DE OPERACIÓN

2.3.1 INTRODUCCIÓN

Esta sección describe la filosofía de operación del circuito de extracción de área de acopio y molienda. El objetivo general es moler el mineral a un flujo de tonelaje constante con muy buena calidad y cantidad suficiente para que sea eficientemente separado aguas abajo en la flotación por espuma. La meta final es reducir el tamaño de alimentación al molino para obtener un tamaño de 80 por ciento pasante por 100 o 150 micrones dependiendo del mineral de cobre sólo o cobre/ zinc que está siendo procesado.

Los objetivos generales deben lograrse manteniendo al mismo tiempo el rendimiento máximo, un mínimo de interrupción y óptimos costos de operación. Asimismo, se debe mantener la salud y seguridad de todo el personal de la planta, un ambiente limpio de trabajo y se deben evitar daños a los equipos. La clave para lograr estos objetivos es mantener una buena comunicación y una estrecha cooperación entre el personal de operaciones y mantenimiento de la planta.

Tipos de Mineral

Para fines metalúrgicos y de extracción, el depósito mineral se ha agrupado en los siguientes seis tipos de mineral:

- Cobre sólo bajo bismuto
- Cobre sólo alto bismuto
- Cobre-zinc bajo bismuto
- Cobre-zinc alto bismuto
- Bornita bajo zinc
- Bornita alto zinc.

Los minerales son similares con respecto a la dureza para molienda y sus características en la flotación primaria.

2.3.2 EXTRACCIÓN DE MINERAL GRUESO

Consideraciones Metalúrgicas y Operativas

La extracción del mineral grueso del área de acopio es el primer paso en el proceso de molienda. Hay dos áreas de acopio, cada una con 260,000 toneladas métricas de almacenamiento y 50,000 toneladas métricas de capacidad viva. Los tipos de mineral mencionados anteriormente son procesados en campañas, según la naturaleza del mineral, con el fin de obtener un mejor rendimiento metalúrgico de cada tipo de mineral. La filosofía de operación es extraer el mineral de un área de acopio antes de pasar a la siguiente área de acopio. Cada área de acopio tiene tres alimentadores de placas exclusivos equipados con motores de velocidad variables.

Los operadores deben controlar el funcionamiento de los tres alimentadores de placas para cada área de acopio con el fin de optimizar la extracción de un área de acopio mientras, al mismo tiempo, se inicia la extracción de mineral de la otra área de acopio.

Esto se debe hacer sin interrumpir el flujo de alimentación al molino SAG.

El operador de molienda y de chancado deben coordinar entre sí cuando un área de acopio quede vacía y se cambie a otra área de acopio. Ello permite que el operador de chancado se asegure de almacenar mineral en el área de acopio adecuada.

Productividad:

Los siguientes parámetros son importantes durante la extracción de mineral de un área de acopio.

Régimen de alimentación unitario al molino SAG.

Régimen de alimentación total al molino SAG.

Control del Régimen de Alimentación Unitario al Molino SAG

El operador designa la relación de alimentación de mineral que cada alimentador entrega. Ello permite a los alimentadores extraer el mineral de diferentes lugares en el área de acopio a regímenes diferentes. El mineral ubicado en las secciones externas del área de acopio es más grueso y más difícil de moler, mientras que el mineral en el centro del área de acopio es más fino y más fácil de moler. Por lo tanto, el operador varía la velocidad de los tres alimentadores para combinar el mineral del área de acopio y obtener un flujo de alimentación consistente y un mejor rendimiento total del molino.

Conforme el área de acopio de mineral empieza a disminuir, el operador trata de mantener el perfil del área de acopio acelerando el alimentador de placas del centro para combinar la finura del mineral de este alimentador con el mineral grueso que es suministrado por los primeros alimentadores. Cuando se agota la carga, los dos primeros se paran y el tercer alimentador continúa funcionando. Cuando el tercer alimentador empieza a descargar mineral irregularmente a la faja de carga al molino SAG, el operador arranca el alimentador del centro en la otra área de acopio. Al hacerlo, el mineral más fino en el centro de la otra área de acopio se combina con el mineral más grueso del área de acopio original del cual se está extrayendo.

Control de Régimen Total al Molino SAG.

La faja transportadora de carga al molino SAG recibe el mineral de cada alimentador de placas y entrega el mineral al chute de alimentación al molino SAG. El operador no solo fija la velocidad y la relación de mineral que será extraído por cada alimentador de placas, sino que también controla la velocidad de la faja transportadora de carga al molino SAG. La faja transportadora está equipada con una balanza de faja y un sensor de velocidad, que determina el volumen de mineral que está siendo suministrado al molino SAG. Si el peso que está siendo suministrado al molino SAG es muy poco, el operador debe ajustar el valor predeterminado para acelerar la faja transportadora para que suministre más mineral extraído al molino SAG.

2.3.3 MOLIENDA Y CALSIFICACION EN EL MOLINO SAG**Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales**

La friabilidad de los minerales en áreas de extracción adjuntas al depósito varía considerablemente, incluso dentro de las zonas del mismo tipo de mineral. Tanto los minerales de cobre sólo como de cobre- zinc pueden presentar una dureza considerable. Por lo tanto, el mineral es procesado en campañas, debido a la naturaleza del mineral, para adaptarse a estas variaciones en la dureza dentro del mismo tipo de mineral y para moler el

producto que está siendo extraído a una finura de ya sea 80 por ciento pasante por 150 micrones, dependiendo del mineral que está siendo tratado.

Se debe revisar rutinariamente los siguientes elementos con el fin de lograr la molienda requerida para flotación:

- Eficiencia de molienda del molino SAG (radio de reducción)

- Carga de bolas en el molino SAG.

- Potencia (molinos)

- Carga de bolas al molino de bolas.

- Estado del revestimiento (elevación).

- Tonelaje de mineral y densidad de pulpa que ingresa a los nidos de ciclones.

- Lazos y luces de alarma que informan sobre la condición operativa del circuito.

- Muestreadores y PSA para asegurarse que el tamaño de partícula de molienda es el adecuado.

- Los diferentes tipos de mineral que son molidos.

Productividad

Los siguientes parámetros principales son importantes durante la molienda de mineral en el molino SAG:

- Densidad de pulpa del molino SAG.

- Flujo de agua del trómel del molino SAG.

- Régimen de adición de lechada de cal al chute de alimentación al molino SAAG.

- Alimentación de bolas al molino SAG.

- Sonido del molino SAG.

- Consumo de potencia.

- Velocidad del molino.

- Carga de bolas

Control de Densidad de Pulpa del Molino SAG

El objetivo del lazo de control de densidad es mantener el porcentaje de sólidos deseado en el molino SAG. La eficiencia de molienda es una función de la densidad de pulpa en el molino. Para controlar la densidad de la pulpa en el molino, se agrega agua en proporción a la carga de mineral que ingresa al molino. Al mismo tiempo, se agrega también agua en la descarga del molino SAG, donde el material de tamaño excesivo es retornado con agua al molino SAG. Ambas adiciones de agua deben ser revisadas constantemente por el operador porque la densidad es afectada por el agua agregada al circuito. Ambos flujos de agua son considerados en el cálculo de densidad.

Control de Flujo de Agua del Trómel del Molino SAG

El objetivo primario de adición de agua al trómel es retornar el material de tamaño excesivo con agua al molino SAG para molienda. Si no se usa el volumen de agua adecuado, se puede acumular este material en el trómel, lo que podría parar el circuito por atoro. Si el operador mantiene el flujo adecuado de agua, la eficiencia del circuito de molienda mejora.

Control del Régimen de Adición de Lechada de Cal al Chute de Carga al Molino SAG.

La pirita es un mineral de sulfuro de hierro que tiende a ser recuperado por los colectores de cobre a menos que se mantenga un pH alto. En condiciones de alcalinidad normales (pH), la pirita puede flotar con los minerales de cobre, produciendo un concentrado de baja ley. La producción de concentrado de baja ley reduce la rentabilidad de la operación. Cuando el pH aumenta a 10.8, la pirita se deprime y los colectores son más selectivos. Los minerales de cobre continúan flotando, y la pirita fluye a los relaves de la planta. El operador debe revisar que la adición de cal sea agregada de manera correcta de acuerdo al tonelaje de alimentación para asegurarse que esté dentro del rango objetivo. Si no lo está, se debe revisar el lazo de control de relación de lechada de cal para ver si funciona adecuadamente.

Control de Régimen de Alimentación de Bolas al Molino SAG.

El objetivo del lazo de control del régimen de carga de bolas es asegurarse que el peso de las bolas es, en general, entre 6 a 10 por ciento del volumen del molino en todo momento, dependiendo del tipo de mineral que está siendo tratado. Si el molino SAG contiene muy pocas bolas para molienda, no puede moler eficientemente trozos grandes de mineral. Esto origina que mucho mineral grueso descargue del molino SAG, lo que origina, a su vez, que la eficiencia de molienda disminuya. El operador debe además evitar la sobrecarga de bolas en el molino porque hay muchas bolas que pueden dañar los revestimientos si el volumen disminuye.

Control de Sonido del Molino SAG

El objetivo del control de sonido del molino SAG es optimizar la velocidad del molino SAG en proporcionar el nivel de sonido adecuado en el área alrededor del casco del molino SAG. Los medidores de impacto alrededor del casco miden el flujo de impacto de material libre que cae (bolas y rocas) en el molino. Un molino sobrecargado casi no suena mientras que un molino vacío tiende a ser ruidoso. Es esta diferencia la que debe reconocer el operador entrenado con el fin de corregir la condición de un molino sobrecargado o un molino relativamente vacío.

2.3.4 MOLIENDA Y CLASIFICACION DEL MOLINO DE BOLAS

Consideraciones Metalúrgicas y Operacionales

El objetivo de los nidos de ciclones y los molinos de bolas es asegurarse que la fineza de la molienda en la pulpa de finos que va al circuito de flotación cumpla con el rango objetivo de operación para la más eficiente flotación de cobre y zinc. Un tamaño de partícula grueso en la pulpa de finos ocasionará que el proceso de flotación tenga problemas, de manera que el operador debe revisar constantemente el analizador del tamaño de partículas (PSA). Cuando el tamaño de partículas esté fuera de los límites, el operador debe contactar al operador de la sala de control y tratar de encontrar rápidamente la razón del problema del tamaño de partícula. El operador debe revisar el tonelaje de mineral, adición de agua, densidad, etc. Para hacer las correcciones necesarias y colocar todas las variables del proceso mencionadas anteriormente dentro del rango objetivo, incluyendo el tamaño de partícula del rebalse de ciclones.

La fineza de molienda es informada por el PSA que mide +esta en el rebalse de los ciclones. Si el valor es menor al objetivo, el operador debe revisar el tonelaje que está

siendo tratado y el agua que es agregada al cajón de bombas de alimentación a los ciclones del molino de bolas.

Se deben revisar rutinariamente los siguientes elementos con el fin de lograr la molienda requerida para la flotación.

- Eficiencia de molienda del molino de bolas (relación de reducción)

- Carga de bolas en los molinos de bolas

- Consumo de potencia

- Velocidad del molino

- Tonelaje de mineral y densidad de pulpa que ingresa a los nidos de ciclones

- Lazos de control de nivel, flujo y densidad.

- Avisos y luces de alarma que informen del estado operacional del circuito.

- Los muestreadores y PSA aseguran que se alcance el tamaño de partícula de molienda adecuado.

- Los diferentes tipos de mineral que son molidos.

Productividad

Los siguientes parámetros son importantes durante la molienda de mineral en el molino de bolas.

Nivel del Cajón de Bombas de Alimentación a los Ciclones

El operador debe mantener el nivel adecuado en el cajón de bombas con el fin de asegurarse que los nidos de ciclones estén funcionando de manera estable. Si el nivel es demasiado bajo en el cajón de bombas, los cambios de presión en la alimentación a ciclones ocasionan que el sistema automático pare uno o dos ciclones para mantener la presión establecida. Ello disminuye la cantidad de pulpa que es clasificada, lo que a su vez reduce el flujo de pulpa de finos para la flotación.

Control de Presión de Alimentación a los Ciclones

El objetivo del control de presión de alimentación al nido de ciclones es mantener la presión adecuada, lo que da como resultado un tamaño de partícula adecuado de la pulpa que va a la flotación rougher de cobre. La presión es una de las variables más importantes en la determinación de la distribución del tamaño de partículas de la corriente de finos de los ciclones. Mientras más alta sea la presión de alimentación, más fina será la distribución del tamaño de partículas en el rebalse. Por el contrario, mientras más baja sea la presión en la corriente de alimentación, más gruesa será la distribución del tamaño de partículas en la corriente de finos. El operador debe chequear continuamente el monitor del tamaño de partículas y hacer los ajustes apropiados para cumplir con el tamaño de partículas objetivo.

Control del Tamaño de Partículas de Rebalse de los Ciclones

El objetivo de este lazo de control es mantener el tamaño de partícula correcto en la pulpa que pasa a la flotación rougher. El tamaño de partícula es controlado agregando agua de reposición al cajón de bombas de alimentación a los ciclones, que luego controla la densidad de la pulpa que está siendo bombeada a los nidos de ciclones. El operador necesita monitorear el PSA para asegurarse que la densidad de alimentación indicada produzca el tamaño de partícula necesario.

Control de Alimentación de Bolas al Molino de Bolas

El objetivo de este lazo de control es mantener la carga de bolas adecuada en el molino para maximizar la producción del molino. El consumo de potencia está relacionado con la velocidad del molino y la carga de bolas al molino. El número de bolas agregado se basa normalmente en el consumo de potencia del molino siempre que el molino no exceda la velocidad crítica. También se puede basar en el peso aproximado de cada bola y el desgaste del medio de molienda en el molino. El operador ingresa un valor para el número de bolas que es agregado al molino. El operador debe monitorear el consumo de potencia y determinar si se necesita agregar bolas.

Ver figura N° 14.

DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE EXTRACCION DEL AREA DE ACOPIO Y CIRCUITO DE MOLIENDA

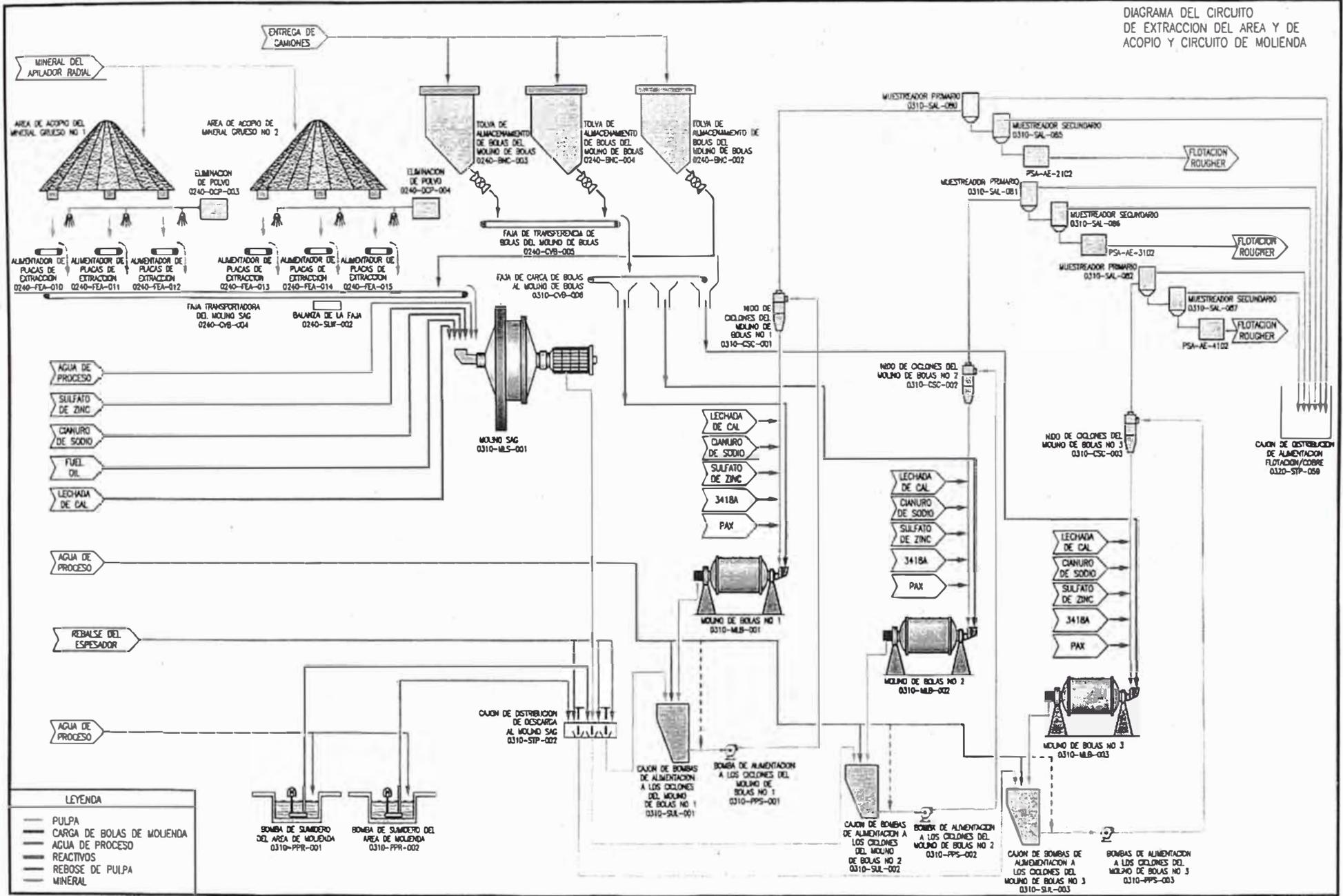


FIGURA N° 14

3.0 CONTROL DEL PROCESO

Para que la planta tal como ha sido diseñada, el operador debe controlar con cuidado ciertas variables del proceso. Estas variables comprenden los parámetros del proceso como presión, velocidad de flujo, nivel del flujo y densidad, por mencionar algunas. Cuando sea aplicable, mencionaremos los rangos objetivo para cada una de las variables importantes del proceso .

Las variables del proceso que serán controladas automáticamente han sido divididas en lazos de control separados. Cada lazo de control comprende una descripción escrita, un diagrama de bloques y un diagrama del lazo. La descripción escrita se divide en las siguientes partes:

El objetivo de controlar la variable.

El método usado para controlar la variable automáticamente.

El método usado por el operador para controlar la variable manualmente.

En el caso de las válvulas de control, el tipo de válvula y si la válvula falla cerrada o abierta en caso de pérdida de energía.

Tanto la capacidad productiva como la recuperación metalúrgica de la planta dependen en gran medida de la frecuencia con que el operador controle las variable.

3.1 VARIABLES DEL PROCESO

A.- Variable del Proceso: Ratio del alimentador de placas.

- Sistema del Proceso: Extracción de mineral grueso del área de acopio.

Rango Objetivo: 0 a 100 por ciento para cada alimentador (el total de todos los alimentadores debe ser igual al 100 por ciento).

Método de control : El operador ingresa un valor predeterminado en cada controlador de ratios de peso individuales como un porcentaje. La velocidad de cada alimentador es proporcional a su valor predeterminado. Esto controla la proporción de alimentación total que cada alimentador suministra.

Impacto en el proceso: Si el operador extrae más mineral de los alimentadores externos, la carga es más gruesa y más difícil de moler. El alimentador del centro suministra mineral más fino. Variando la proporción de los alimentadores, el operador puede temporalmente cargar o descargar el molino SAG. Si el operador decide de manera consistente apartar el mineral fino, debe procesar a poco la porción gruesa de mineral que permanece en el área de acopio. Esto produce una marcada oscilación negativa en el rendimiento del molino. Es mejor tratar de mantener una pila de forma cónica. Ello permite una mejor alimentación mezclada, lo que da como resultado un flujo de alimentación más uniforme y un mejor rendimiento total del molino.

B.- Variable del proceso: Régimen de alimentación al molino SAG.

Sistema del Proceso : Extracción del mineral grueso del área de acopio.

Rango Objetivo: 3241 tph

Método de Control : El operador ingresa un valor predeterminado en el controlador indicador de peso de la alimentación al molino SAG. El controlador compara el valor predeterminado con el peso real de la alimentación en la faja transportadora de alimentación al molino SAG. El controlador varía la velocidad de la faja

transportadora de alimentación al molino SAG para mantener el régimen de alimentación deseado en el molino SAG.

- Impacto en el Proceso : Se el régimen de alimentación es menor al valor predeterminado, puede ocasionar una producción reducida, lo que de cómo resultado una pérdida de la producción. Si el régimen de alimentación es mayor que el valor predeterminado, el molino SAG se puede sobrecargar, lo que da como resultado una molienda deficiente y altas cargas circulantes en el molino de bolas debido a una molienda inadecuada.

C. - Variable del Proceso: Régimen de Adición de lechada de cal al molino SAG.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino SAG y clasificación.
- Método de Control : La lechada de cal se agrega al chute de alimentación del molino SAG. La adición se hace en proporción al régimen de alimentación total. El operador controla el peso total de mineral que es suministrado al molino. La relación de lechada de cal con el peso del mineral determina el tiempo que la válvula se abre y cierra para permitir que la lechada de cal ingrese al chute de alimentación.
- Impacto en el Proceso : La adición de lechada de cal al molino SAG se usa como un ajuste grueso del pH previo al proceso de flotación. También se agrega lechada de cal a la canaleta de gruesos de los ciclones. Una adición excesiva de lechada de cal desperdicia los reactivos y puede afectar la flotación. Si la adición de lechada de cal en este punto es insuficiente puede afectar la viscosidad de la pulpa en el molino SAG y necesitar agregar más lechada de cal a la canaleta de gruesos de los ciclones posteriormente.

D. - Variable del Proceso : Densidad de pulpa del molino SAG.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino SAG y clasificación.
- Rango Objetivo: 65 por ciento de sólidos.
- Método de Control: Las adiciones de agua del proceso se realizan en el chute de alimentación al molino y en el sistema de retorno de mineral de sobretamaño en el trómel de descarga del molino. El total de adición de agua es proporcional al régimen de carga de alimentación al molino SAG del área de acopio. El operador controla la densidad ajustando el valor predeterminado en el controlador de densidad, que luego envía un valor predeterminado remoto al controlador de flujo de agua del proceso para regular la cantidad de agua agregada al chute de alimentación.
- Impacto en el Proceso : La eficiencia de molienda disminuye por encima o por debajo del rango objetivo. Un bajo ratio de agua (alta densidad) ayuda a amortiguar los revestimientos si la carga del molino es baja. Un ratio de agua alto (baja densidad) ayuda a descargar un molino sobrecargado.

E.- Variable del Proceso : Sonido del molino SAG.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino SAG y clasificación.
- Método de Control : El operador ingresa un valor predeterminado en el controlador indicador de impacto. El controlador de impacto envía un valor predeterminado remoto al controlador de velocidad que regula la velocidad del molino SAG.

- Impacto en el Proceso : Un impacto muy alto le indica al operador que el molino está muy vacío y que se pueden dañar los revestimientos. Un impacto demasiado bajo le indica al operador que el molino está sobrecargado con mineral.

F.- Variable del Proceso : Flujo de agua del sistema de retorno de sobretamaño del trómel al molino SAG.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino SAG y clasificación.
- Rango Objetivo: Suficiente para evitar excesiva cantidad de sobretamaño en el trómel.
- Método de Control : El operador ingresa un valor predeterminado en controlador indicador de flujo. El controlador ajusta el flujo de agua para asegurarse que el material de sobretamaño regrese al molino SAG a la misma velocidad que son producidas
- Impacto en el proceso : La adición demasiado baja de agua al trómel puede llevar a la aparición excesiva de sobretamaños en el sistema de retorno del trómel. La adición demasiado alta de agua al trómel puede originar problemas de control de la densidad en el circuito del molino SAG.

G.- Variable del Proceso : Carga de bolas al molino SAG.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino SAG y clasificación.
- Método de Control : El operador ingresa un valor predeterminado en el controlador indicador de cantidad de bolas. El controlador regula el monto o número de bolas que son colocadas en la faja dependiendo del flujo de alimentación de mineral.
- Impacto en el Proceso : Muy pocas bolas de molienda ocasionan una molienda ineficiente del mineral. Demasiadas bolas pueden dañar los revestimientos del molino cuando el nivel en el molino es demasiado bajo.

H.- Variable del Proceso : Nivel del cajón de bombas de alimentación a los ciclones.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino de bolas y clasificación.
- Rango Objetivo : 70 por ciento.
- Método de control : El operador ingresa un valor predeterminado en el controlador indicador de nivel que modula la velocidad de la bomba de alimentación a ciclones.
- Impacto en el Proceso : Un alto nivel del cajón de bombas reduce la cabeza total que la bomba debe producir. Esto ahorra energía y reduce el desgaste de bomba. Un alto nivel en el cajón de bombas también aumenta la vulnerabilidad del cajón de bombas a las variaciones, lo que ocasiona rebose. Un nivel del cajón de bombas demasiado bajo ocasiona la cavitación de la bomba y un excesivo desgaste de la bomba.

I.- Variable del Proceso : Densidad de alimentación a los ciclones.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino de bolas y clasificación.
- Rango Objetivo : 59 por ciento de sólidos.
- Método de control : El operador ingresa el valor predeterminado deseado en el controlador de densidad. El controlador de densidad calcula un valor predeterminado para la adición de agua al cajón de bombas de alimentación a los ciclones, que proporciona la densidad correcta. El flujo de agua que va al cajón de

bombas es controlado de acuerdo al valor predeterminado remoto de cascada proporcionado por el controlador de densidad.

- Impacto en el Proceso : Una densidad de alimentación demasiado alta causa la ineficiencia de los ciclones y un producto grueso. Si la densidad es demasiado alta, el circuito del molino de bolas puede llegar a estar sobrecargado. Una densidad de alimentación demasiado baja hace un producto demasiado fino. Un producto demasiado fino significa gastos extras debido a un exceso de molienda y una producción pérdida.

J.- Variable de Proceso : Carga de bolas al molino de bolas.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino de bolas y clasificación.
- Método de Control : El operador fija manualmente el número deseado de bolas que se cargarán de acuerdo al régimen de alimentación de mineral deseado al molino. El operador también determina a que molino echar la carga.
- Impacto en el Proceso : Si el molino opera con una carga de bolas menor a la normal, puede ocasionar una baja producción en el tamaño de partícula objetivo o un tamaño de partículas gruesos en la producción objetivo. En cualquiera de los dos casos, ocasiona una disminución en flujo de producción. Si la carga de bolas es demasiada alta, las bolas se salen por la descarga y serán desechadas.

K.- Variable del Proceso : Presión de alimentación a los ciclones.

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino de bolas y clasificación.
- Rango Objetivo : 10 a 15 psi.
- Método de Control : El operador ajusta el valor predeterminado en controlador indicador de presión, que agrega o quita uno o más ciclones de servicio para mantener la presión deseada en ese flujo de pulpa.
- Impacto en el Proceso: Una baja presión da como resultado una molienda más gruesa. La alta presión aumenta el desgaste de los ciclones. Si la presión es exageradamente alta, el ciclón puede engrosarse. Esto ocasiona que las partículas gruesas sean forzadas a la corriente de finos de los ciclones, originando una pérdida de producción de mineral valioso y un atoro potencial de las tuberías aguas abajo y en las celdas de flotación.

L.- Variable del Proceso : pH del rebalse de los ciclones .

- Sistema del Proceso : Molienda en el molino de bolas y clasificación.
- Rango Objetivo : 8.0 a 10.5.
- Método de Control : El operador ajusta el valor predeterminado en el controlador indicador de análisis. El controlador ajusta el tiempo en On para la válvula de adición de la lechada de cal en la canaleta de gruesos de los ciclones.
- Impacto en el Proceso : El pH debe estar dentro del rango objetivo para las adecuadas operaciones de flotación aguas abajo. Si el pH es menor al rango objetivo, la piritita puede empezar a flotar en el banco de espumas de concentrado. Ello ocasiona poco a poco una ley de concentrado de cobre menor que el rango objetivo y aumenta los gastos de embarque y fundición. Si el pH está por encima del rango objetivo, el consumo de lechada de cal es mayor al necesario, y los costos de operación aumentan sin mejorar la calidad o cantidad del producto.

M.-Variable del Proceso : Tamaño de partículas de los finos de los ciclones.

Sistema del Proceso : Molienda en el molino de bolas y clasificación.

Rango Objetivo : 80 por ciento pasante por 150 micrones (mineral de cobre solamente) o 100 micrones (mineral de cobre/zinc).

Método de Control : El operador ingresa un valor predeterminado en el controlador indicador de análisis. El controlador, en modo Cascade, envía un valor predeterminado remoto al controlador indicador de densidad. El controlador de densidad luego envía un valor predeterminado remoto al controlador indicador de flujo, que modula la válvula de control de flujo del agua de proceso, permitiendo que la cantidad adecuada de agua fluya al cajón de bombas de los ciclones del molino de bolas.

Impacto en el Proceso : Un producto demasiado grueso no libera minerales de cobre de manera suficiente para una optima recuperación en el circuito de flotación. Un producto demasiado fino implica gastos extra debido a la sobremolienda y una reducida producción de mineral.

3.2 LAZOS DE CONTROL

3.2.1 EXTRACCIÓN DE MINERAL GRUESO DEL AREA DE ACOPIO

3.2.1.1 CONTROL DEL REGIMEN DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO SAG

El objetivo del lazo del régimen de alimentación a la unidad del molino SAG es mantener un régimen estable de alimentación de mineral en el molino SAG. Este régimen de alimentación se controla ajustando las velocidades de los tres alimentadores de placas de extracción de mineral grueso.

El operador designa la relación de alimentación de mineral que cada alimentador proporciona. Ello permite a los alimentadores extraer mineral de lugares diferentes en el área de acopio a regímenes diferentes. El total de todos los valores del operador debe ser igual a 100 por ciento. Si el operador extrae más mineral de los alimentadores externos, el mineral llega a ser más grueso y difícil de moler. El alimentador del centro generalmente suministra mineral más fino. Variando las velocidades de cada alimentador, el operador puede temporalmente cargar o descargar el molino SAG. Sin embargo, si el operador decide de manera consistente eliminar el mineral fino, el operador debe eventualmente procesar la porción gruesa que resta. Esto afecta de manera negativa el rendimiento del molino. Es más eficiente intentar mantener el perfil del área de acopio. Por ejemplo, el operador podría ingresar una relación de 30 por ciento para los alimentadores externos y 40 por ciento para el alimentador interno. Ello produce una alimentación mejor mezclada, originando más consistente y un mejor rendimiento total.

CONTROL AUTOMATICO

Una balanza en la faja transportadora del molino SAG mide el peso de una sección determinada de la faja y la multiplica por la velocidad de la faja para determinar el régimen de alimentación al molino. El controlador indicador de peso compara este valor con el valor predeterminado ingresado por el operador. La señal de salida del controlador indicador de peso, en base a la diferencia entre el régimen de alimentación medido y el valor

predeterminado, es enviada a seis controladores de velocidad variable del alimentador de placas a través de seis controladores de la relación de peso.

El operador puede afectar la forma en que la señal de salida del controlador de peso es enviada a cada controlador de velocidad dl alimentador de placas. Se establece el índice de relación en cada uno de los controladores de relación de peso. El índice se multiplica por la salida del controlador de velocidad. La velocidad de cada alimentador puede variar independientemente de los demás.

Si la medición del peso está por debajo del valor predeterminado, el controlador indicador de peso responde aumentando las velocidades las velocidades de los alimentadores de placas. Cada alimentador de placas se acelera proporcionalmente, en base a los valores de relación ingresados anteriormente por el operador. El resultado es un aumento dela carga de mineral al molino SAG.

De manera inversa, si la medición del peso está por encima del valor predeterminado, el controlador indicador de peso responde disminuyendo las velocidades de los alimentadores de placas que están operando. Cada alimentador de placas anteriormente ingresados por el operador. El resultado total es una disminución en la carga de mineral del molino.

CONTROL MANUAL

El operador puede seleccionar el modo MANUAL en el controlador e ingresar un valor de salida como porcentaje de velocidad total. La velocidad del alimentador individual se fija en ese valor. De este modo, el régimen de alimentación de mineral al molino SAG puede variar y debe ser monitoreado y ajustado para mantener el flujo de alimentación deseado. Ver graficos N° 15, 16 y 17.

DIAGRAMA EN BLOQUES

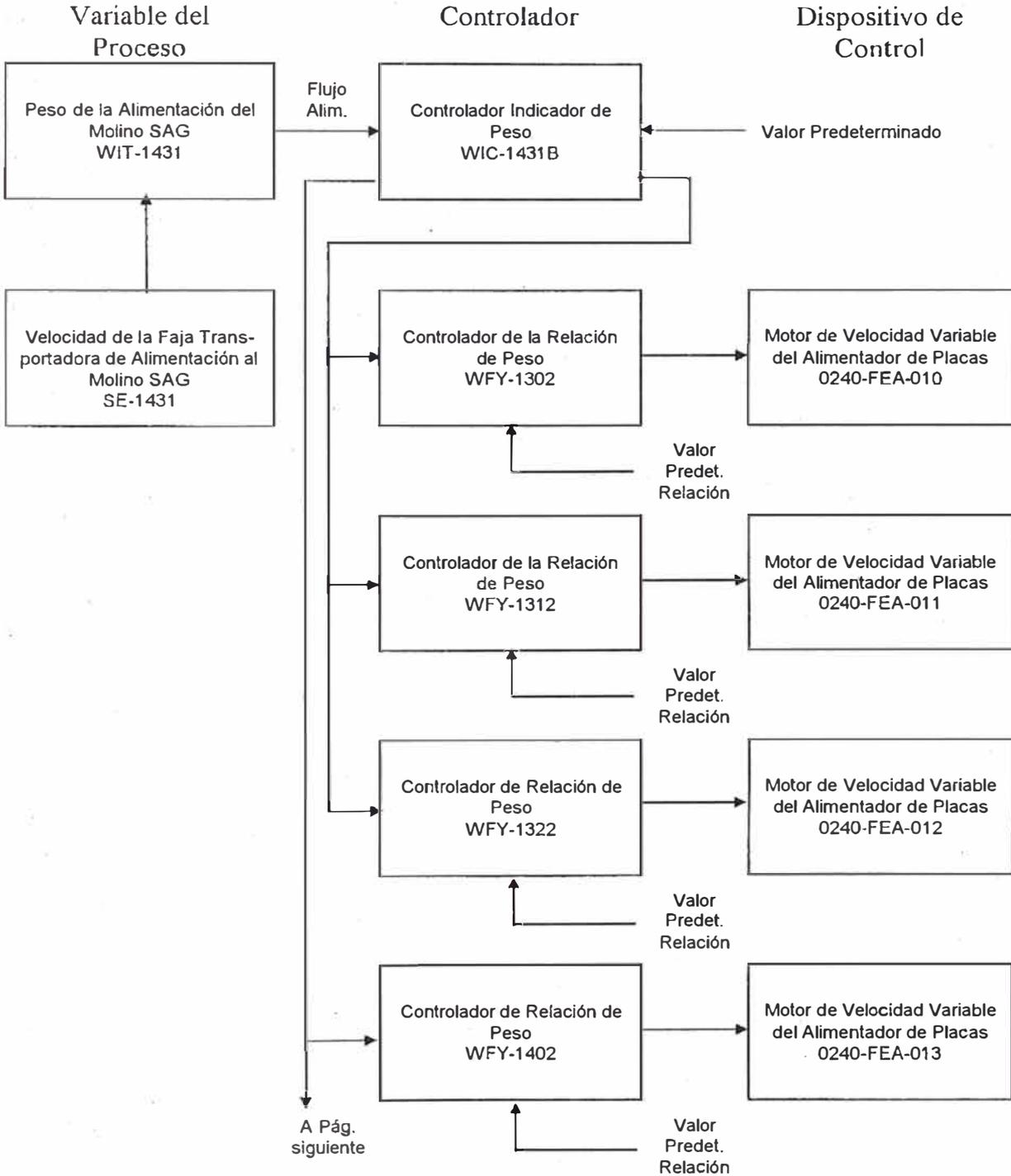


GRAFICO N° 15

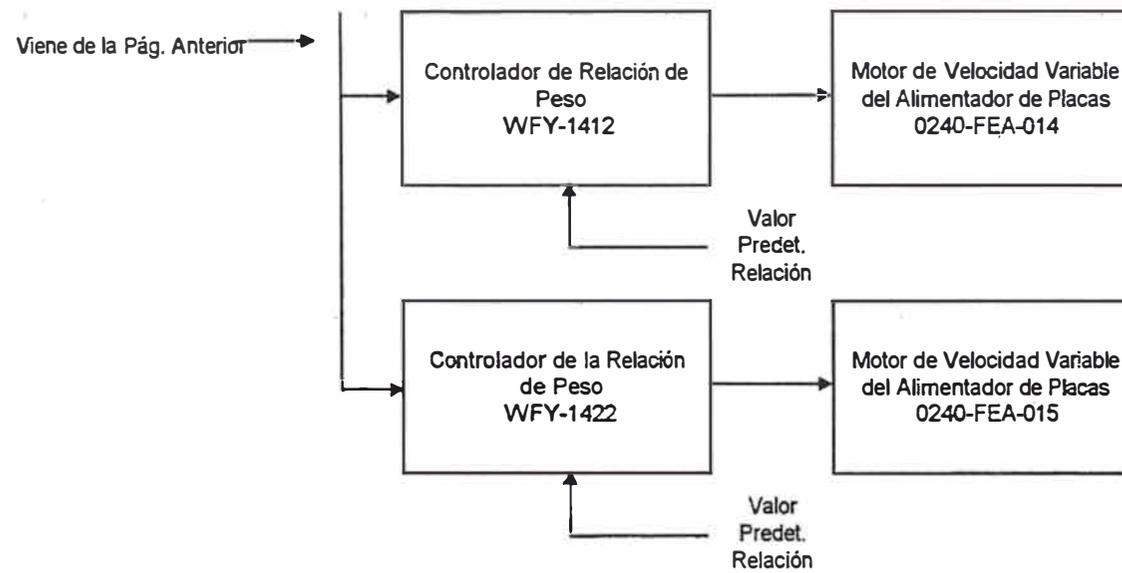
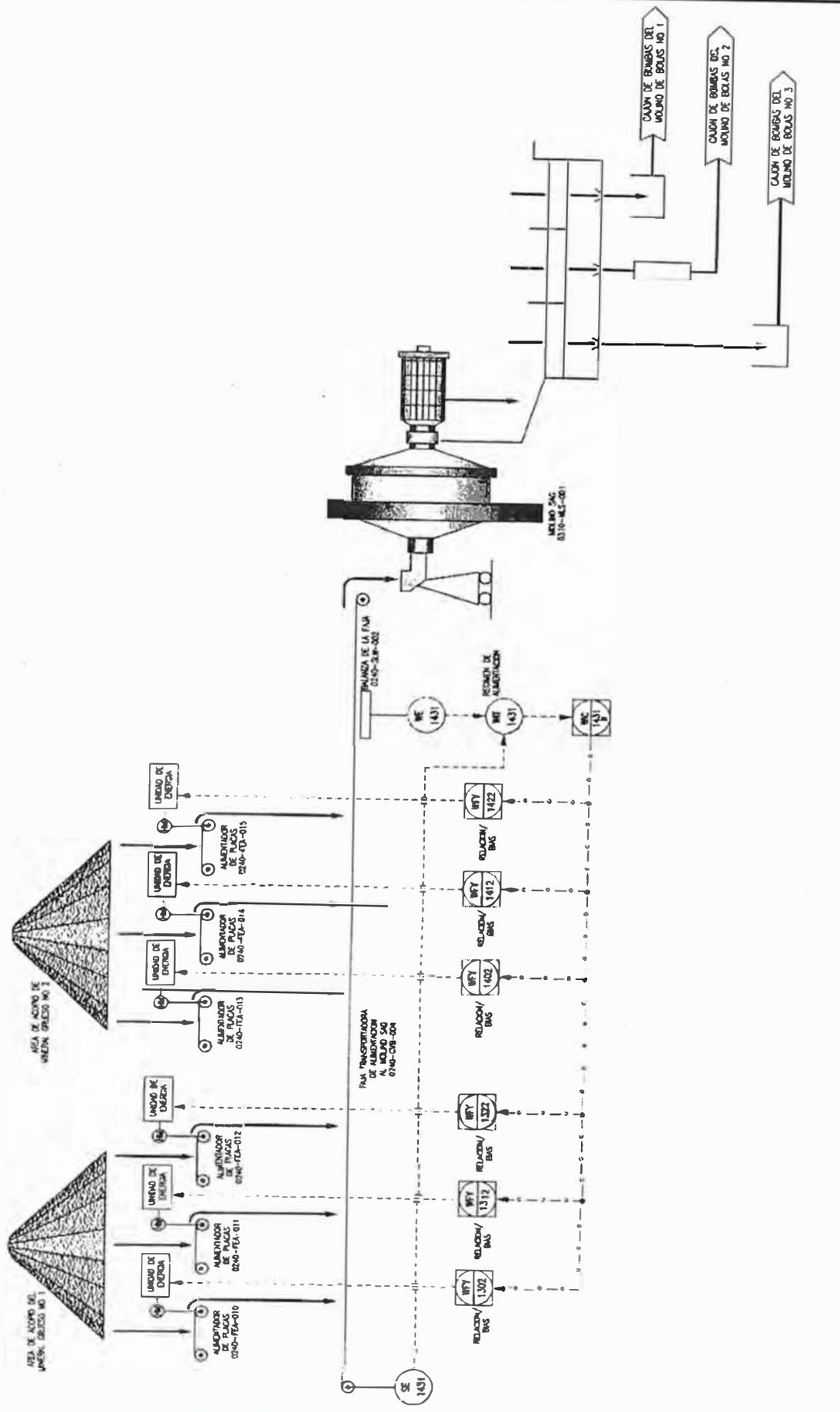


GRAFICO N° 16



PMD DE BETERICH
 0740-11-002
 0740-11-002
 0310-11-001

GRAFICO N°17

3.2.1.2 CONTROL DEL REGIMEN TOTAL DE ALIMENTACIÓN TOTAL AL MOLINO SAG

El objetivo del lazo de control del régimen de alimentación total al molino SAG es mantener la velocidad deseada de la faja transportadora para alimentar adecuadamente al molino SAG sin sobrecargarlo.

CONTROL AUTOMATICO

El mineral extraído es medido por una celda de carga de peso en la faja transportadora de alimentación al molino SAG. El transmisor indicador de peso combina la señal de la celda de la carga con la del sensor de velocidad de la faja y transmite la señal al controlador indicador de peso, donde se compara con el valor predeterminado ingresado por el operador. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador de peso ajusta la velocidad de la faja transportadora de alimentación al molino SAG para aumentar o disminuir el peso del mineral extraído que está siendo suministrado al molino SAG.

Si el peso del mineral suministrado al molino SAG está por encima del valor predeterminado, el controlador envía una señal al motor de velocidad variable de la faja transportadora del molino SAG, que disminuye la velocidad de la faja transportadora y reduce el volumen del mineral extraído que está siendo suministrado al molino SAG. De manera inversa, si el peso del mineral que está siendo suministrado al molino SAG está por debajo del valor predeterminado, el controlador envía una señal al motor de velocidad variable de la faja transportadora de alimentación al molino SAG, que aumenta la velocidad de la faja transportadora y por lo tanto, aumenta el mineral que es suministrado al molino SAG.

CONTROL MANUAL

De ser necesario, el operador puede colocar el controlador indicador de peso en modo Manual y ajustar la velocidad de la faja transportadora de alimentación al molino SAG a cualquier velocidad dentro de su rango de operaciones. De esta forma, el régimen de alimentación al molino SAG puede variar y debe ser monitoreado y ajustado par mantener el régimen de alimentación deseado.

Ver gráficos N° 18 y 19.

DIAGRAMA EN BLOQUES

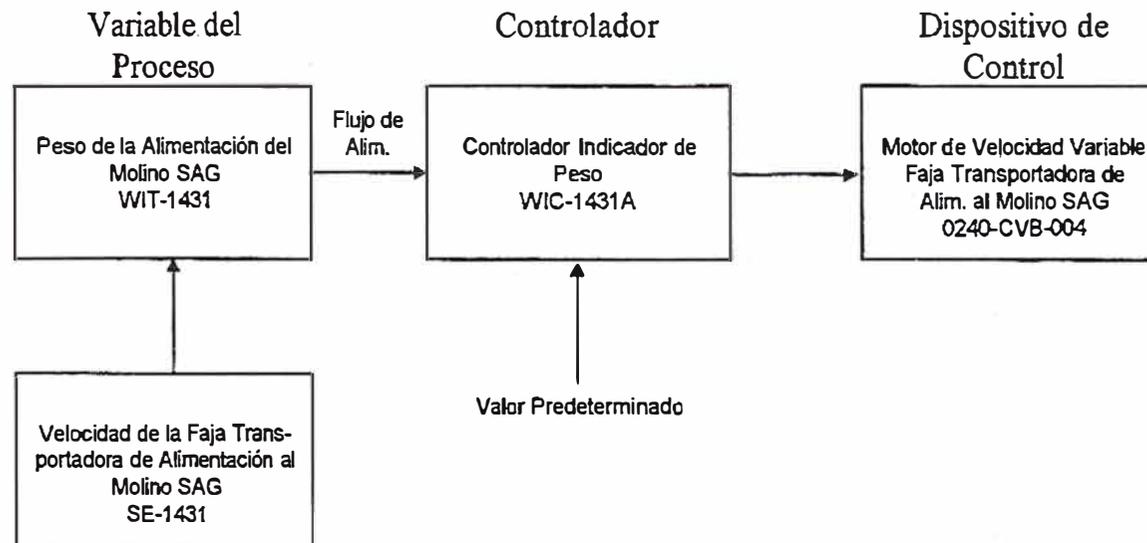
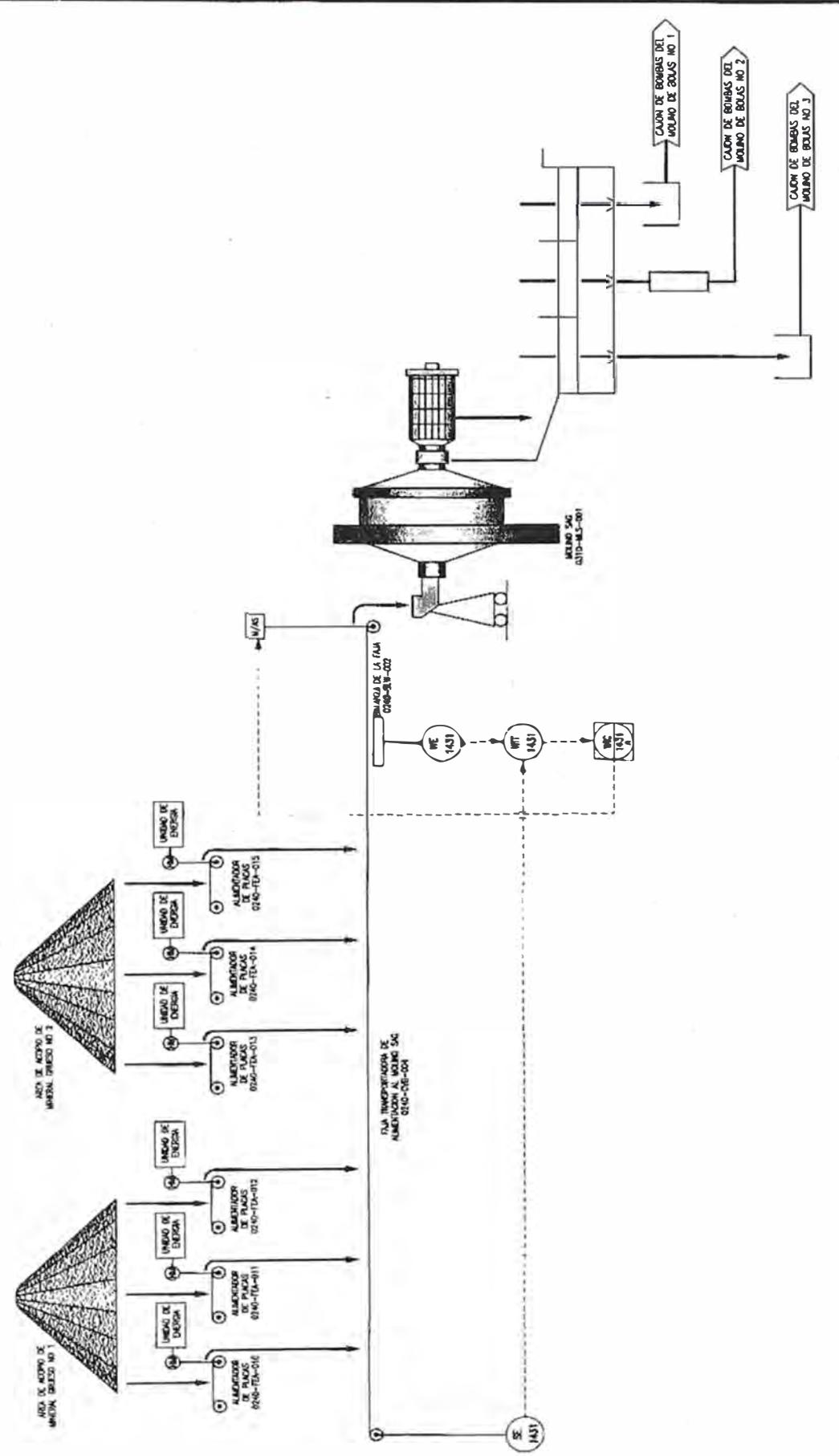


GRAFICO N° 18

LAZO DE CONTROL
DEL REGIMEN DE
ALIMENTACION TOTAL
AL MOLINO SAG



PAJO DE ROTACION
0260-B-101
0260-B-102
0310-B-101

GRAFICO N° 19

3.2.2 MOLIENDA EN EL MOLINO SAG Y CLASIFICACION

3.2.2.1 CONTROL DE DENSIDAD DE PULPA EN EL MOLINO SAG

El objetivo del lazo de control de densidad del molino SAG es mantener el porcentaje de sólidos deseado en el molino SAG. En parte, la eficiencia de la molienda es una función de la densidad de la pulpa en el molino. Para controlar la densidad de la pulpa, se agrega agua automáticamente en proporción al mineral suministrado al molino SAG. Tanto la nueva alimentación de la faja transportadora de extracción del mineral grueso como el agua agregada en el extremo de alimentación y en el de descarga del molino SAG son tomados en cuenta para el cálculo de la densidad.

CONTROL AUTOMATICO

Hay dos modos de controles automáticos posibles. El modo Cascade, el operador ingresa un valor predeterminado de densidad en el controlador indicador de densidad para fijar la densidad de pulpa deseada en el molino SAG. En modo Automatic, el operador ingresa un valor predeterminado de flujo de agua en el controlador indicador del flujo de agua para mantener el flujo de agua deseado en el molino SAG.

Modo Cascade

La alimentación de mineral es medida por una celda de carga de peso ubicada en la faja transportadora de alimentación al molino SAG. El transmisor indicador de peso combina la señal de la celda con el sensor de velocidad y transmite la señal al módulo de computación de porcentaje de sólidos.

Al mismo tiempo, se mide el flujo de agua agregado al trómel en el extremo de descarga del molino SAG, y este flujo se transmite por el transmisor indicador de flujo a un bloque de suma. Al mismo tiempo, el agua suministrada al chute de alimentación al molino SAG es medido por un sensor de flujo y la señal es transmitida por un transmisor de flujo al bloque de suma y también al controlador indicador de flujo para ese flujo de agua. Después que ambas corrientes de agua se agregan juntas, la señal del flujo total de agua es enviada al módulo de computación para calcular el porcentaje de sólidos.

Tanto la señal de régimen de alimentación de mineral como la señal de agua total se usan en el módulo de computación en el que se calcula el valor del porcentaje de sólidos. El resultado, que es el porcentaje de sólidos que está alimentando al molino SAG, es enviado al controlador indicador de densidad. El operador ingresa el porcentaje de sólidos deseado en el controlador indicador de densidad. El controlador compara la densidad calculada con el valor predeterminado. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador de densidad envía una señal para cambiar el valor predeterminado del controlador indicador de flujo que modula la válvula de control de flujos para el agua que se agrega al chute de alimentación al molino SAG.

Si la densidad calculada está sobre el valor predeterminado de densidad, el controlador de densidad aumenta el valor predeterminado del controlador indicador de flujo. Este nuevo valor predeterminado permite al controlador de flujos abrir un poco la válvula de control de flujos lo que aumenta el flujo de agua al molino SAG y por lo tanto disminuye la densidad de la pulpa.

De manera inversa, si la densidad calculada está por debajo del valor predeterminado de densidad, el controlador de densidad disminuye el valor predeterminado del controlador indicador de flujo. Este nuevo valor predeterminado permite que el controlador de flujos cierre un poco la válvula de control de flujos lo que disminuye el flujo de agua en el molino SAG y por lo tanto, aumenta la densidad de la pulpa.

Modo Automatic

El operador puede seleccionar el modo Automatic para el controlador indicador de flujos. En este modo, el operador puede ajustar el valor predeterminado de flujo de agua. El controlador de flujo modula la válvula de control de flujo de agua de proceso para mantener el valor predeterminado tal como se describe en el modo Cascade. En este modo, la densidad del molino puede cambiar con variaciones en el flujo de agua y/o de mineral fresco que se agrega en el extremo de descarga del molino SAG. En este modo, la densidad del molino debe ser monitoreada y el flujo de agua ajustado para mantener la densidad deseada.

CONTROL MANUAL

El operador también puede seleccionar el modo Manual para el controlador indicador de flujo y cambiar directamente la salida del controlador. Ello permite al operador posicionar la válvula de control de flujos en cualquier posición dentro del rango de operaciones, al margen del flujo de alimentación de mineral o del flujo de agua en el extremo de descarga del molino SAG. En este modo, la densidad del molino debe ser monitoreada y el flujo de agua ajustado para mantener la densidad deseada.

Ver gráficos N° 20, 21 y 22.

Modo Automatic

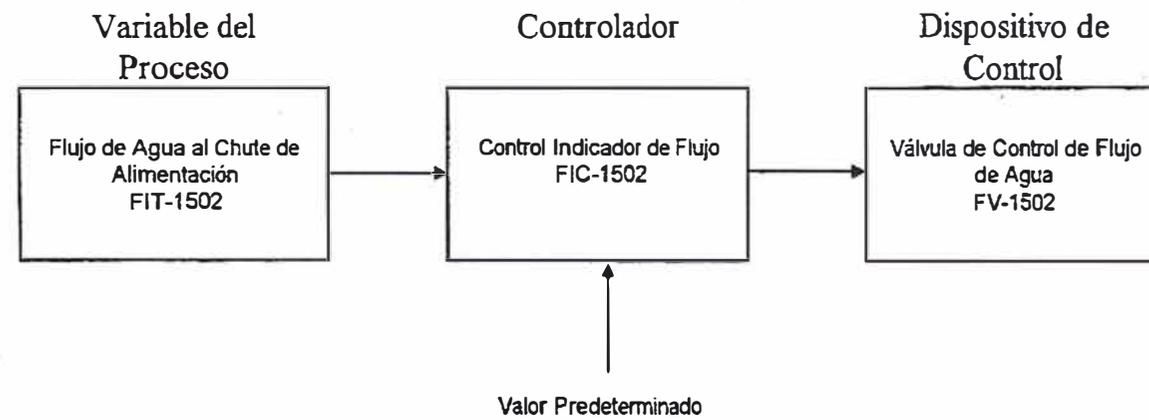


GRAFICO N° 20

DIAGRAMA EN BLOQUES

Modo *Cascade*

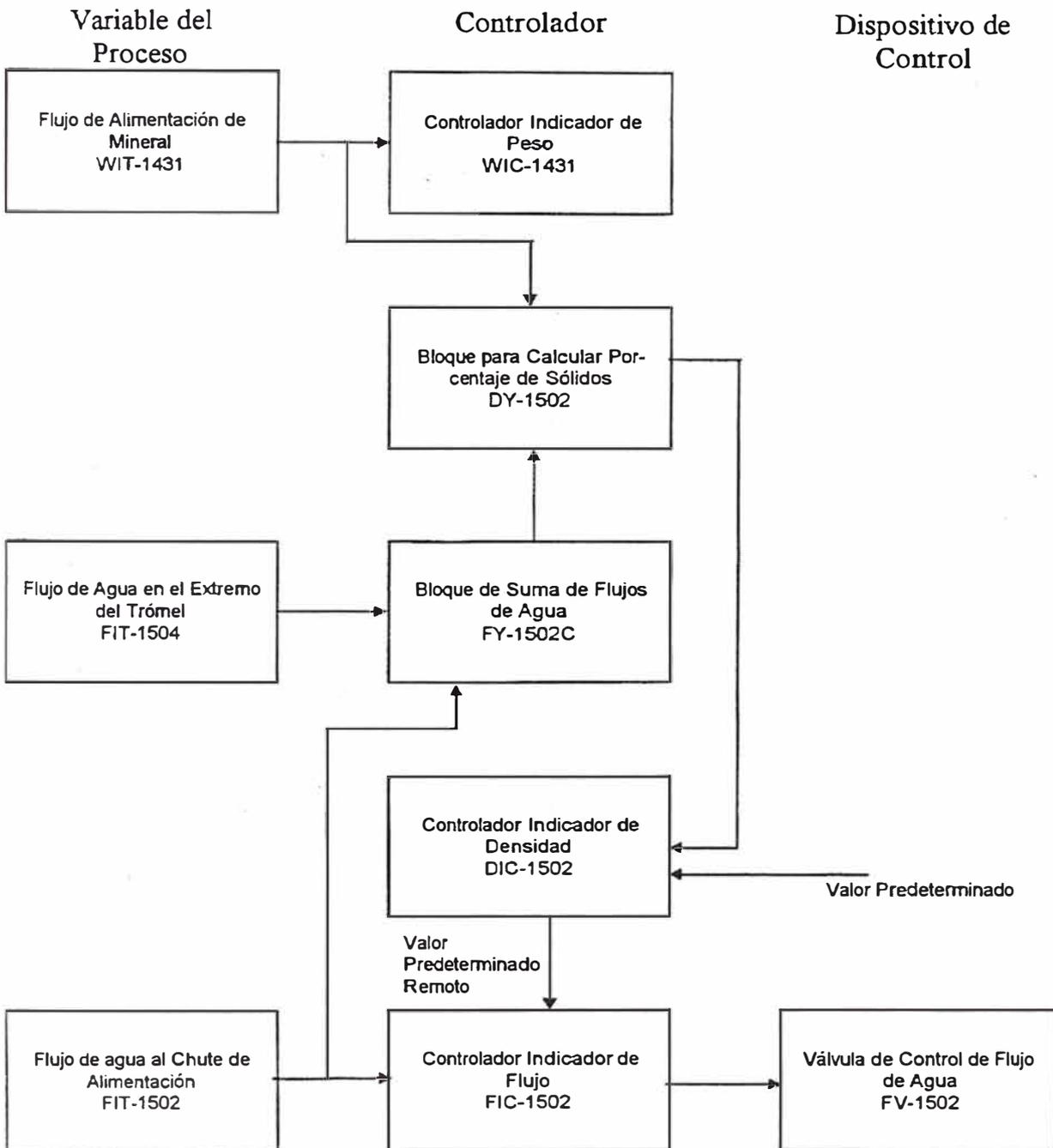
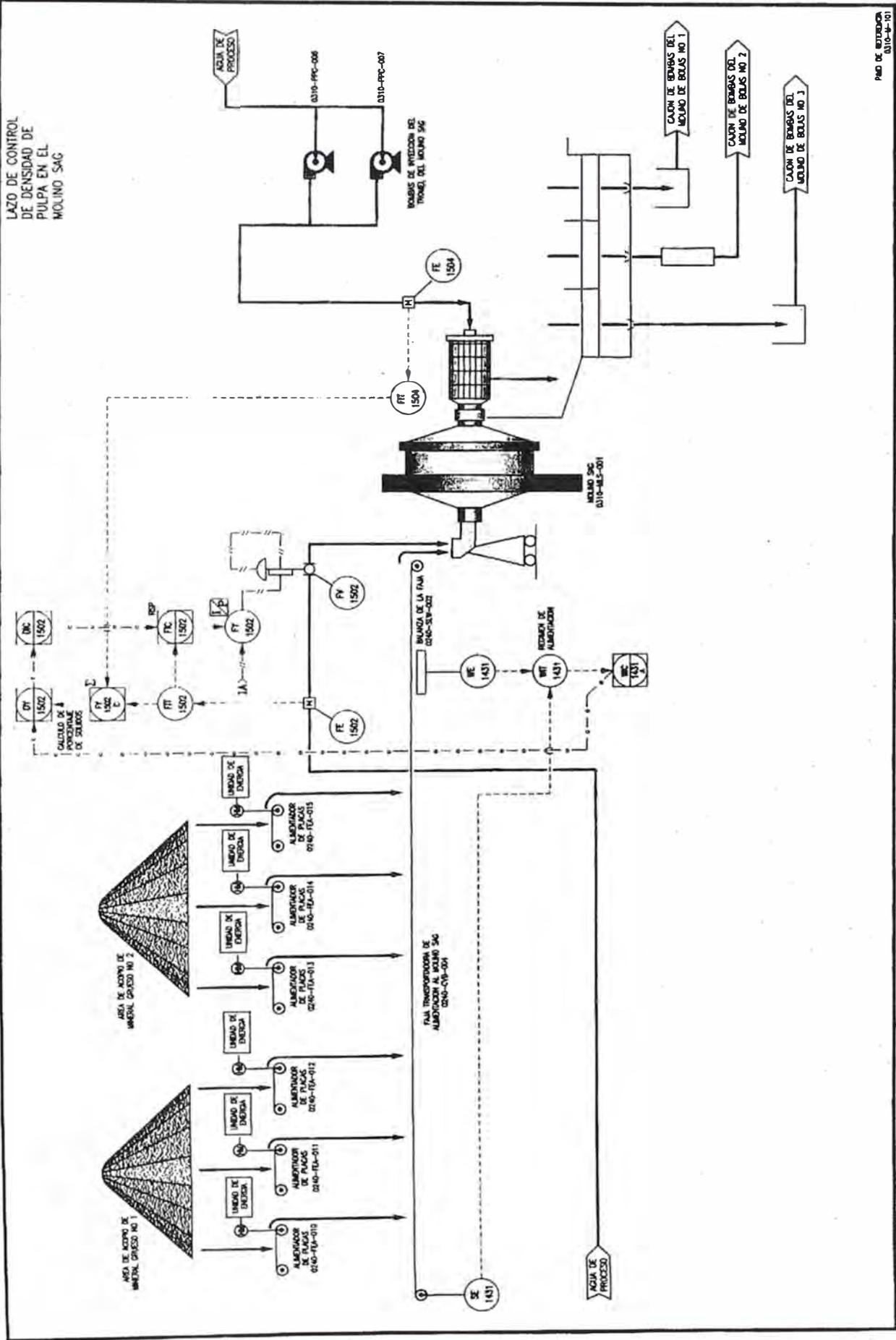


GRAFICO Nº 21

LAZO DE CONTROL DE DENSIDAD DE PULPA EN EL MOLINO SAG



PAO DE ESTUDIOS 010-EP-101

GRAFICO N° 22

3.2.2.2 CONTROL DE FLUJO DE AGUA DEL TRÓMEL DEL MOLINO SAG

El objetivo del lazo de control de agua del trómel del Molino SAG es regular la cantidad de agua que fluye a la descarga del molino a través de un sistema de retorno del trómel y de los sprays del trómel. El material de sobretamaño que sale del molino SAG es retenido en la malla del trómel y regresa al molino SAG por el sistema de retorno del trómel. Se usa agua para devolver el material al molino SAG. Esta agua ingresa a la carga del molino SAG y debe tenerse en cuenta en el balance de adición de agua del molino SAG. El flujo de agua en el trómel también es parte de la medición del flujo, sin embargo, representa sólo una pequeña cantidad de agua que fluye a la descarga del molino SAG.

El operador debe entender que el flujo de agua que va a la descarga del molino influye en la adición de agua en el chute de alimentación al molino SAG. Por esta razón, el flujo de agua debe ser establecido de manera que sea suficiente para poder regresar el material de tamaño excesivo al molino, pero no debe ser tan alto como para correr el riesgo de que se atore el chute de alimentación del molino SAG.

CONTROL AUTOMÁTICO

El flujo de agua que va al sistema de retorno y los sprays del trómel se mide con el sensor de flujo. La señal es transmitida por el transmisor indicador de flujo al controlador indicador de flujo, donde se compara con el valor predeterminado establecido por el operador. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador modula la válvula de control de flujos para aumentar o disminuir el flujo de agua de proceso en el trómel.

Si el flujo de agua que va a la malla del trómel está por debajo del valor predeterminado, el controlador mueve la válvula de control de flujo a una posición más abierta para aumentar el flujo de agua. Si el flujo de agua en la malla del trómel está por encima del valor predeterminado, la salida del controlador mueve la válvula de control de flujo a una posición más cerrada para reducir el agua de proceso.

CONTROL MANUAL

De ser necesario, el operador puede colocar el controlador indicador de flujo en el modo Manual y cambiar directamente la salida de controlado. Ello permite al operador posicionar la válvula de control de flujo en cualquier posición dentro de su rango de operaciones.

Ver gráficos N° 23 y 24.

DIAGRAMA EN BLOQUES

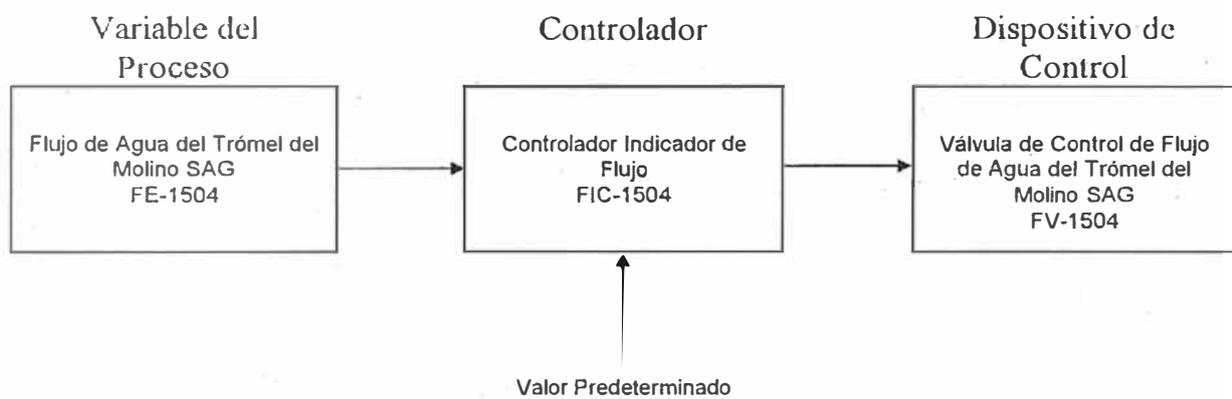


GRAFICO Nº 23

LAZO DE CONTROL
DE FLUJO DE AGUA
DEL TROMEL DEL
MOLINO SAG

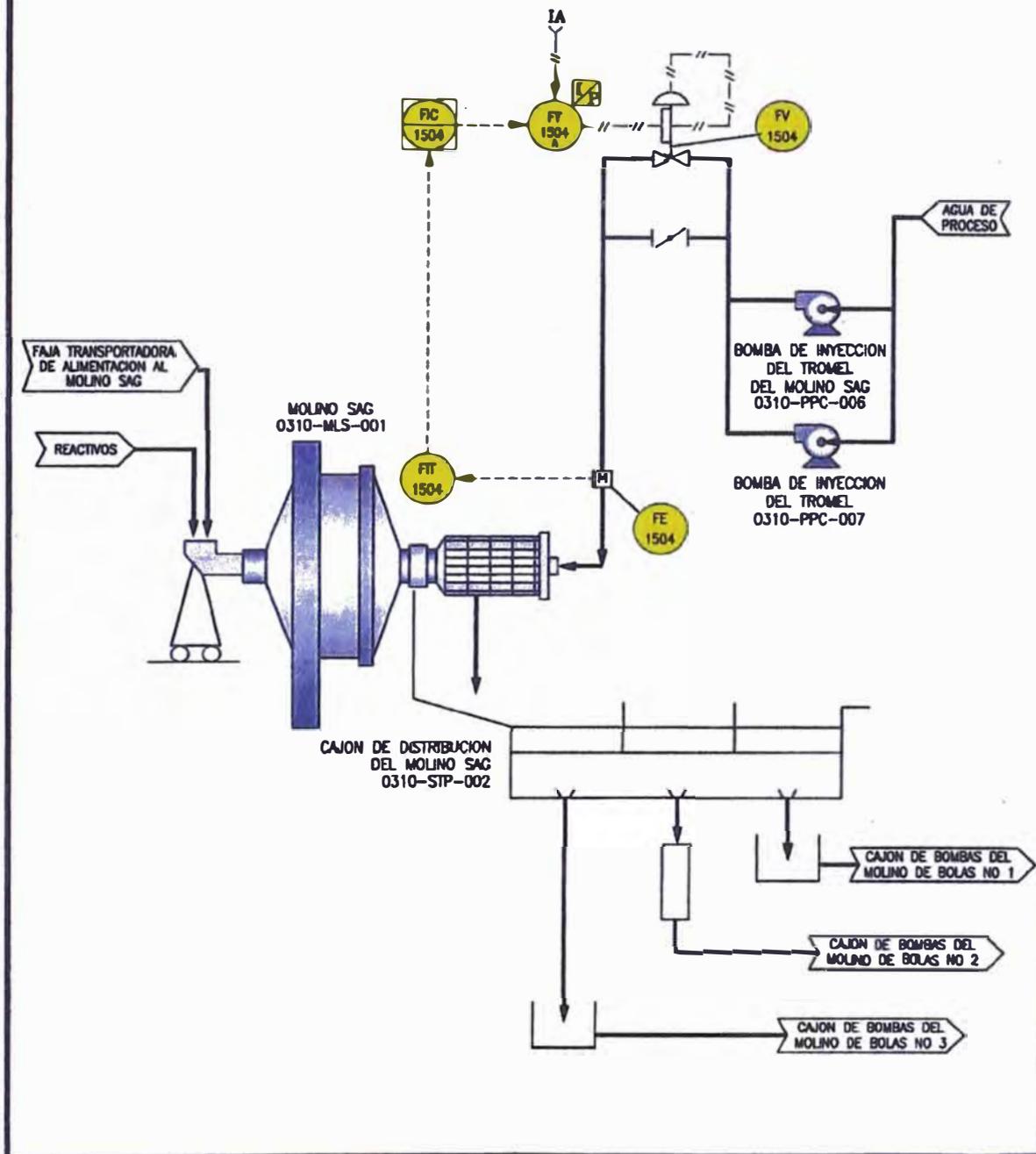


GRAFICO N° 24

3.2.2.3 CONTROL DEL REGIMEN DE ADICION DE LECHADA DE CAL EN EL CHUTE DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO SAG

El objetivo del lazo de control del régimen de adición de lechada de cal en el chute de alimentación al molino SAG es el de mantener el pH deseado de la pulpa gruesa que descarga del molino SAG. Este control de pH es considerado como el ajuste grueso de adición de lechada de cal al circuito. El ajuste fino con lechada de cal se realiza en los gruesos de los ciclones antes que regrese al molino de bolas para su remolienda.

En el modo de funcionamiento normal, se agrega lechada de cal como una relación del régimen de alimentación de mineral al molino SAG. Ello asegura que se agrega el monto adecuado de lechada de cal al chute de alimentación al molino SAG para el ajuste grueso de pH en el circuito.

CONTROL AUTOMATICO

El mineral transportado a través de la faja transportadora del molino SAG es pesado por el elemento de peso. La señal es enviada al transmisor indicador de peso, donde se multiplica por la velocidad de la faja para obtener el régimen de alimentación del molino SAG. Esta señal es enviada al bloque de ratios que calcula el monto de lechada de cal que hay que agregar en relación con el volumen de mineral que pasa por la balanza. Esta señal es enviada a un transductor de flujo en el que la salida de los controladores es convertida a 120 voltios de salida por el transductor de conversión de pulso. Las pulsaciones eléctricas son enviadas a una válvula solenoide, que suministra aire instrumental para cerrar la válvula de lechada de cal. Cuando no se envía ninguna pulsación eléctrica a la válvula solenoide, se desenergiza y la válvula solenoide se pone nuevamente en su lugar para que el aire instrumental ventile desde la válvula de estrangulamiento. La presión de la lechada de cal en la tubería hace que la válvula se abra, dejando que la lechada de cal fluya en el proceso.

El bloque de ratios compara el peso del mineral que pasa por la faja transportadora y calcula la duración de una pulsación para hacerla coincidir con el mineral que está siendo suministrado al chute de alimentación de manera que se mantenga la relación lechada de cal-mineral. La válvula de estrangulamiento de lechada de cal se abre y cierra de acuerdo a la duración del valor predeterminado.

CONTROL MANUAL

De ser necesario, el operador puede ingresar un valor de salida entre 0 y 100 por ciento en el bloque de ratios. La válvula pulsa de manera estable, en base al valor porcentual, y el flujo de lechada de cal sigue siendo aproximadamente el mismo. En este modo, el flujo de lechada de cal no tiene correlación con el volumen de mineral extraído que es suministrado al chute de descarga.

Ver gráficos N° 25 y 26.

DIAGRAMA EN BLOQUES

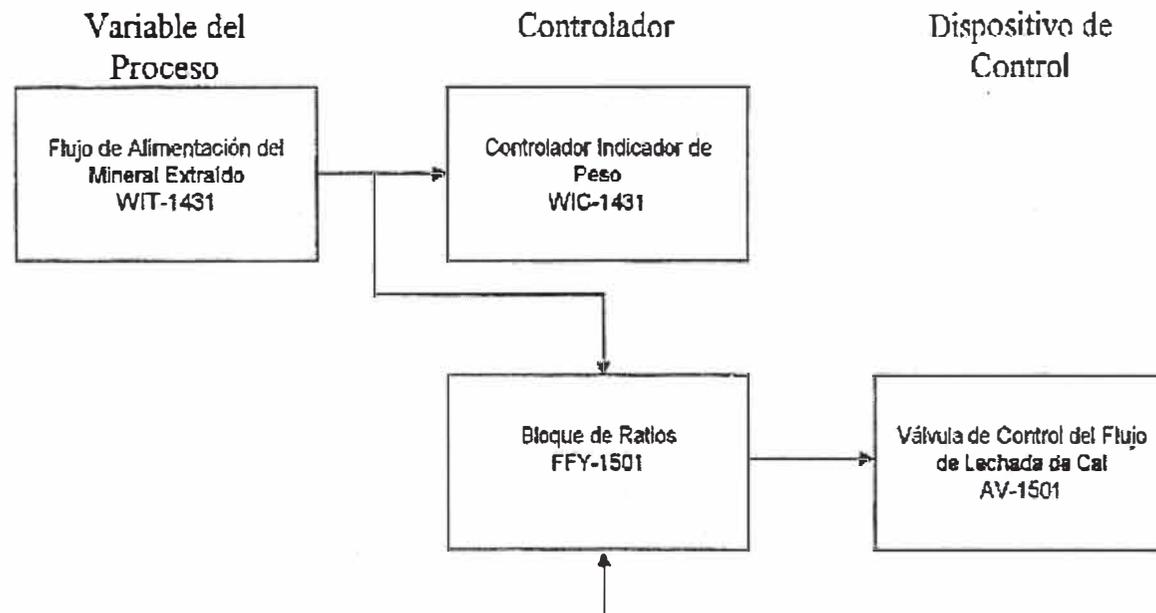
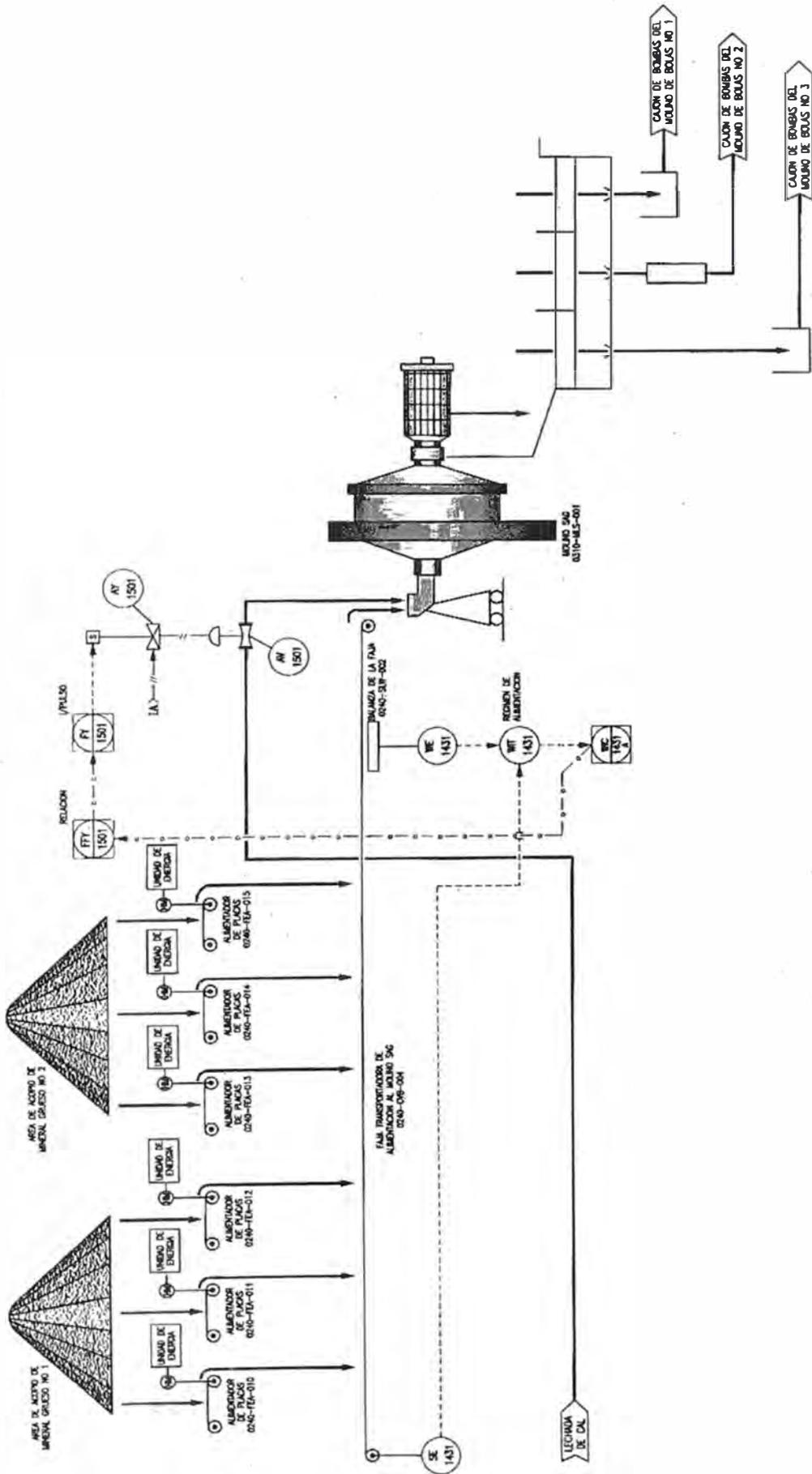


GRAFICO N° 25

LAZO DE CONTROL
DEL REGIMEN DE ADICION DE
LECHADA DE CAL EN EL CHUTE
DE ALIMENTACION AL MOLINO SAG



PAO DE INSTRUMENTACION
0210-1431-010

GRAFICO N° 26

3.2.2.4 CONTROL DEL REGIMEN DE ALIMENTACIÓN DE BOLAS AL MOLINO SAG

El objetivo del lazo de control del régimen de bolas al molino SAG es el de mantener el volumen deseado de bolas para molienda en el molino SAG.

Si el molino SAG contiene muy pocas bolas de molienda, no puede moler partículas grandes de mineral. Por lo tanto, el material más grueso es descargado del molino SAG y, se produce una carga circulante cada vez mayor. La eficiencia de molienda disminuye, y el tonelaje de mineral nuevo que es suministrado al molino se reduce.

Si hay demasiadas bolas para molienda en el molino SAG, surge el peligro de dañar los revestimientos del molino de las bolas de frotación cuando hay un bajo nivel de mineral.

El objetivo es mantener una carga de bolas en el molino que sea generalmente 10 por ciento del volumen del molino.

CONTROL AUTOMÁTICO

Se envía una señal del régimen de alimentación de mineral al SAG, al bloque de ratio, que calcula el número de bolas en la carga por minuto que se cargará en el molino SAG por minuto, en proporción al peso del régimen de alimentación al molino SAG de acuerdo con el valor predeterminado ingresado por el operador. Después que se ha determinado el peso de las bolas que serán agregadas, la señal es enviada al controlador indicador de la relación de cantidad. El controlador indicador de relación de cantidad envía una señal al motor del alimentador de bolas rotatorio para que comience. En este momento, las bolas empiezan a ser suministradas a la faja transportadora del molino SAG. Conforme las bolas son suministradas, son contabilizadas, y la señal es enviada nuevamente al controlador indicador de relación de cantidad. Cuando se ha agregado el número total de bolas en un período de un minuto, el alimentador de bolas rotatorio se detiene. Al término del minuto, el alimentador de bolas empieza nuevamente y la adición se vuelve a empezar.

CONTROL MANUAL

El operador puede seleccionar el modo Manual en el controlador indicador del ratio de cantidad y luego ingresar un número de bolas que serán alimentadas al molino SAG. El alimentador descarga las bolas hasta alcanzar la cantidad necesaria por minuto, y luego el alimentador de bolas rotatorio se detiene.

Ver gráficos N° 27 y 28.

DIAGRAMA EN BLOQUES

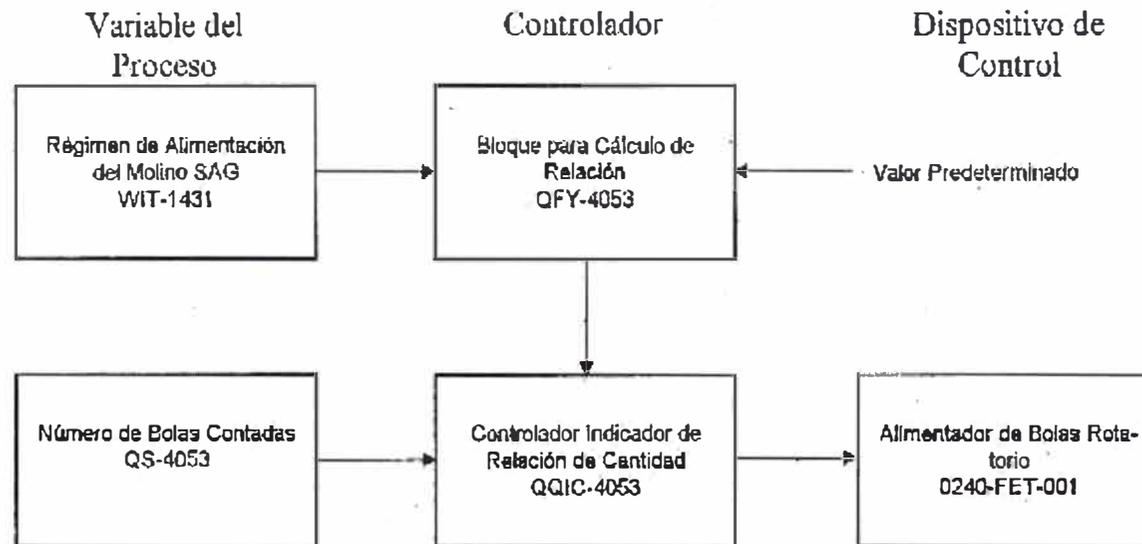


GRAFICO N° 27

LAZO DE CONTROL
DEL REGIMEN DE ALIMENTACION
DE BOLAS AL MOLINO SAG

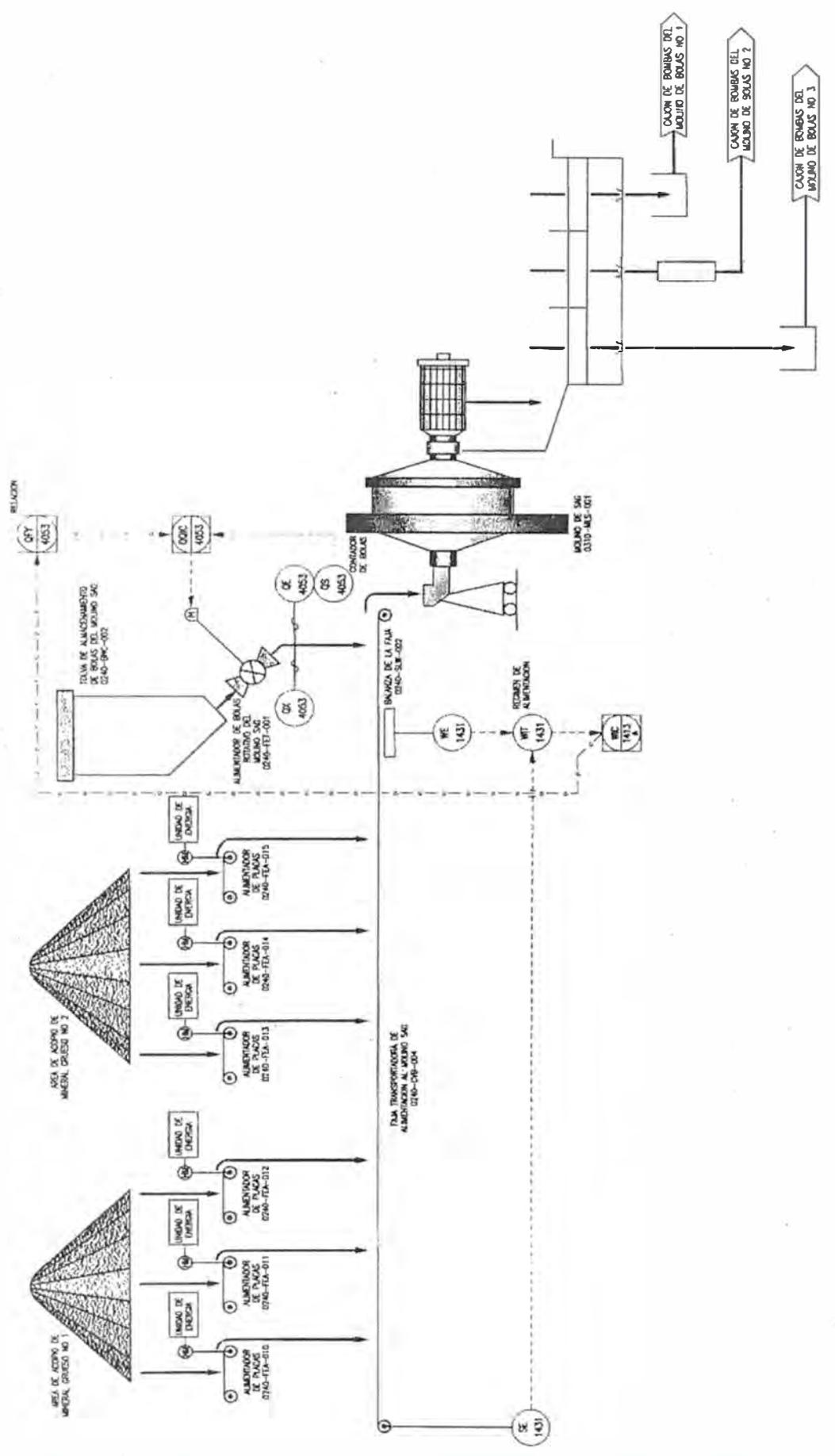


GRAFICO N° 28

3.2.2.5 CONTROL DE SONIDO DEL MOLINO SAG

El objetivo de control de sonido del SAG es optimizar la velocidad del molino SAG para proporcionar el nivel de sonido adecuado en el casco. Hay ocho medidores de sonido posicionados alrededor del molino SAG. Cuatro de los medidores de sonido están dedicados a medir el sonido del molino moviéndose en la dirección de avance, mientras que los otros cuatro miden el sonido en retroceso.

Las señales del medidor de sonido son transmitidas a un medidor de impacto. El medidor de impacto mide el impacto de caída libre del material (bolas de molienda y rocas) sobre los revestimientos del molino. Cada impacto crea un sonido que es único y que puede ser medio. El medidor de impacto cuenta los impactos de alta energía sobre los revestimientos del molino. Las señales de impacto son procesadas por la unidad de procesamiento de señales de impacto. El medidor de impacto envía una señal al PCS que representa el impacto de bolas y rocas sobre los revestimientos del molino.

El sonido del molino SAG cambia conforme cambian otras variables. Por esta razón, el medidor de impacto debe tomar en cuenta los cambios en estas otras variables. Para mejorar la calidad de la lectura del medidor de impacto, éste usa mediciones de estas otras variables. Las variables que el medidor de impacto usa para la calibración provienen de las siguientes mediciones:

- Velocidad del molino SAG.
- Consumo de potencia del molino SAG.
- Porcentaje de sólidos del la pulpa del molino.
- Régimen de alimentación mineral fresco.
- Régimen de reciclado de la chancadora.
- Flujo de agua de alimentación del molino.
- Presiones de aceite de la chumacera del extremo de alimentación.
- Presiones de aceite de la chumacera del extremo de descarga.
- Régimen de adición de bolas de molienda.
- Distribución de tamaño de alimentación al molino SAG.

Las tres primeras señales son necesarias para la calibración del medidor de impacto, mientras que las restantes también pueden ser agregadas a la calibración si pueden ayudar a mejorar la precisión de la lectura de impacto.

Esta calibración se realiza cuando el molino ya entra en operación, en el caso del molino SAG de Antamina se tomó como referencia un sonido mínimo y máximo registrando entre un cero y un 10%, lo que correspondería a 100 y 250 decibeles.

El set point en una operación normal es del 2-3% de sonido lo que corresponde a 125 a 135 decibeles.

Observaciones actuales de operación de planta con molino SAG han mostrado que el régimen de impacto (nivel de sonido) cambia varios minutos antes que se produzcan cambios que se puedan detectar en la presión de la chumacera del molino o en el consumo de energía del motor.

Cuando el molino SAG funciona con poca carga, lo cual es indicado por un sonido alto en el molino, ocasiona daños al revestimiento del molino debido al impacto de las bolas. Si un molino SAG funciona con poca carga, pueden originar un excesivo rompimiento de las bolas.

CONTROL AUTOMATICO

Las mediciones de sonido en el molino SAG son enviadas al medidor de impacto. El medidor de impacto calcula el promedio de cuatro lecturas de sonido y transmite este promedio al controlador indicador de impactos del molino SAG.

El medidor de impacto está programado para leer cuatro mediciones cuando el molino está rotando en una sola dirección y cuatro mediciones más cuando el molino está rotando en otra dirección.

El controlador está calibrado para compensar los cambios en las diferentes variables de operación del molino SAG mencionadas anteriormente. El controlador indicador de impactos compara el nivel de impacto medido con el valor predeterminado del operador que representa el nivel de impacto deseado y ajusta la velocidad del molino hasta llegar al régimen de impacto óptimo.

Por ejemplo, si el controlador indicador de impacto registra un nivel de impacto que es mayor que el valor predeterminado ingresado por el operador, el controlador disminuye el valor predeterminado de la velocidad del molino. El molino SAG disminuye la velocidad según sea necesario para alcanzar el nivel de impacto real en línea con el valor predeterminado de impacto.

Si el controlador indicador de impacto registra un régimen de impacto que es menor que el valor predeterminado ingresado por el operador, el controlador aumenta el valor predeterminado de la velocidad del molino. El molino SAG acelera según sea necesario para llevar el régimen de impacto real en línea con el valor predeterminado de impacto.

CONTROL MANUAL

El operador puede poner el controlador de impacto del molino SAG en modo Manual y fijar la velocidad usando el controlador de velocidad del molino SAG en el PCS . El molino SAG luego funciona a la velocidad establecida por el operador. De esta forma, la velocidad del molino SAG no cambia con el cambio de sonido del molino (impactos en el revestimiento).

Ver gráficos N° 29 y 30.

DIAGRAMA EN BLOQUES

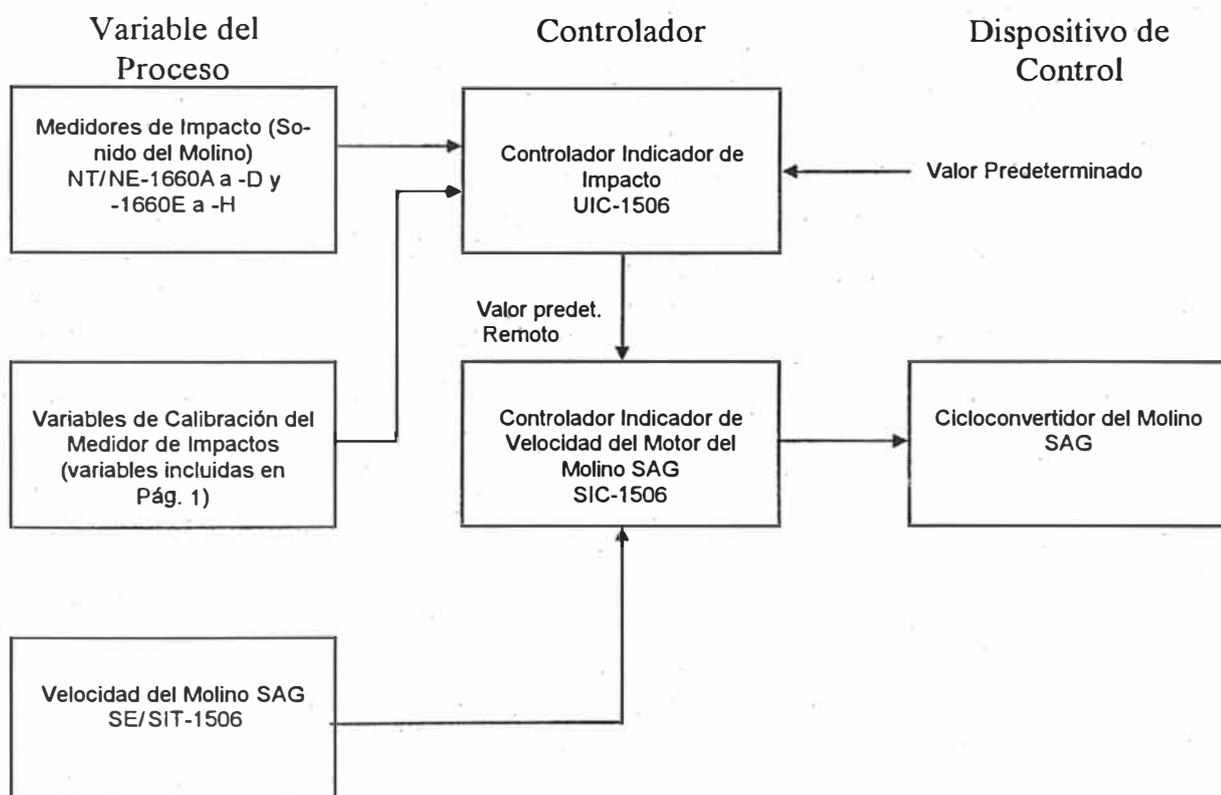


GRAFICO N° 29

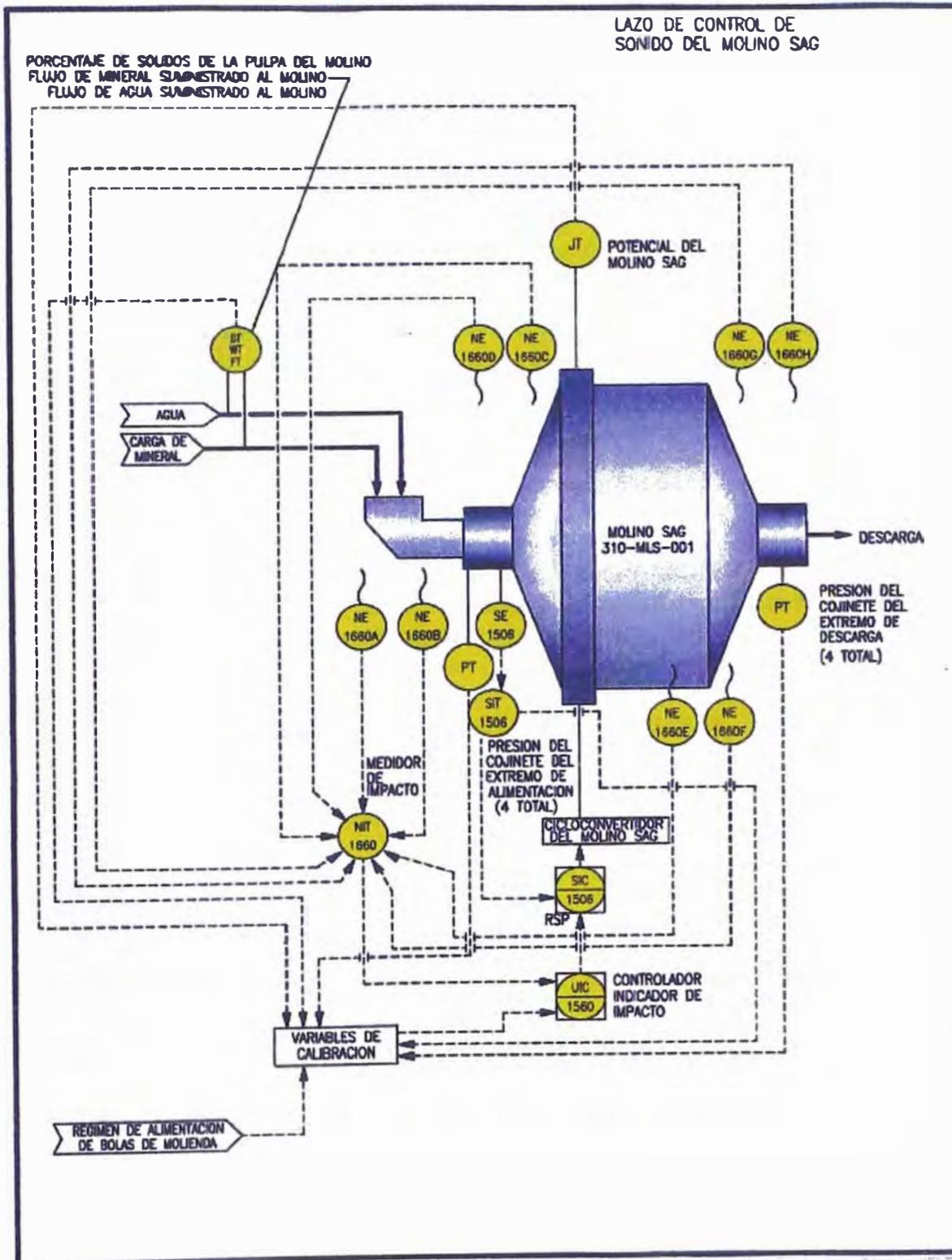


GRAFICO N° 30

3.2.3 MOLIENDA EN EL MOLINO DE BOLAS Y CLASIFICACION

3.2.3.1 CONTROL DE NIVEL DEL CAJON DE BOMBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS CICLONES

El objetivo del lazo de control de nivel del cajón de bombas de alimentación a los ciclones es el de controlar el nivel de pulpa del cajón de bombas de manera que se mantenga condiciones de funcionamiento estables para los ciclones y se evite, al mismo tiempo, que el cajón de bombas rebose. El nivel del cajón de bombas es controlado modulando automáticamente el motor de velocidad variable de la bomba de alimentación a los ciclones.

La siguiente descripción del lazo de control corresponde al cajón de bombas de alimentación a los ciclones del Molino de Bolas N° 1. Los lazos de control para los otros cajones de bombas de alimentación a los ciclones de los molinos de bolas son similares .

CONTROL AUTOMATICO

El nivel de pulpa en el cajón de alimentación a los ciclones se mide con el elemento de nivel sónico. La señal es transmitida por el transmisor indicador de nivel al controlador indicador de nivel, donde se compara con el valor predeterminado ingresado por el operador. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador modula la velocidad de la bomba de alimentación a los ciclones para aumentar o disminuir el flujo de pulpa en el nido de ciclones, que aumentan o disminuye el nivel en el cajón de bombas.

Si el cajón de bombas está por encima del valor predeterminado, el controlador envía una señal para aumentar la velocidad de la bomba, que, a su vez, disminuye el nivel en el cajón de bombas. Si el nivel en el cajón de bombas está por debajo del valor predeterminado, el controlador envía una señal para disminuir la velocidad de la bomba, que, a su vez, permite que aumente el nivel en el cajón de bombas.

CONTROL MANUAL

De ser necesario, el operador puede colocar el controlador indicador de nivel en el modo Manual y cambiar directamente la salida del controlador. Ello permite al operador ajustar la velocidad de la bomba a cualquier nivel dentro de su rango de operación, sin tener en cuenta el nivel en el cajón de bombas.

Ver gráficos N° 31 y 32.

DIAGRAMA EN BLOQUES

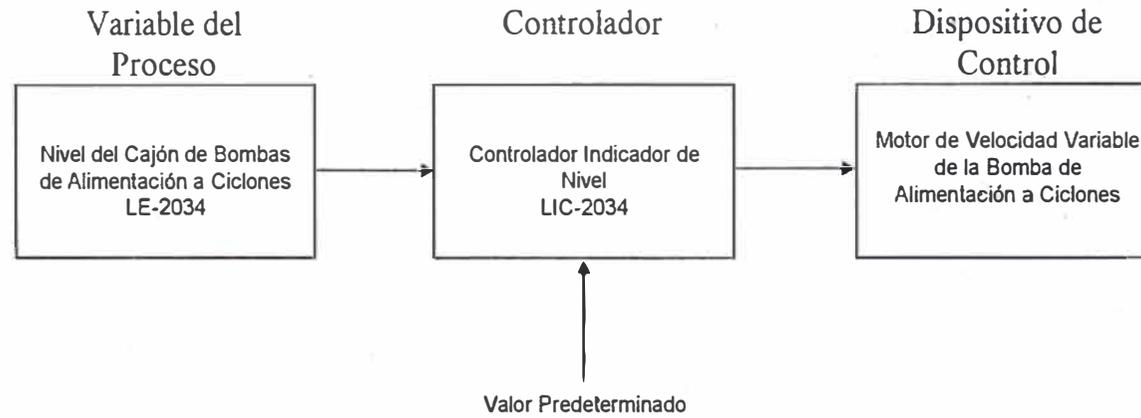
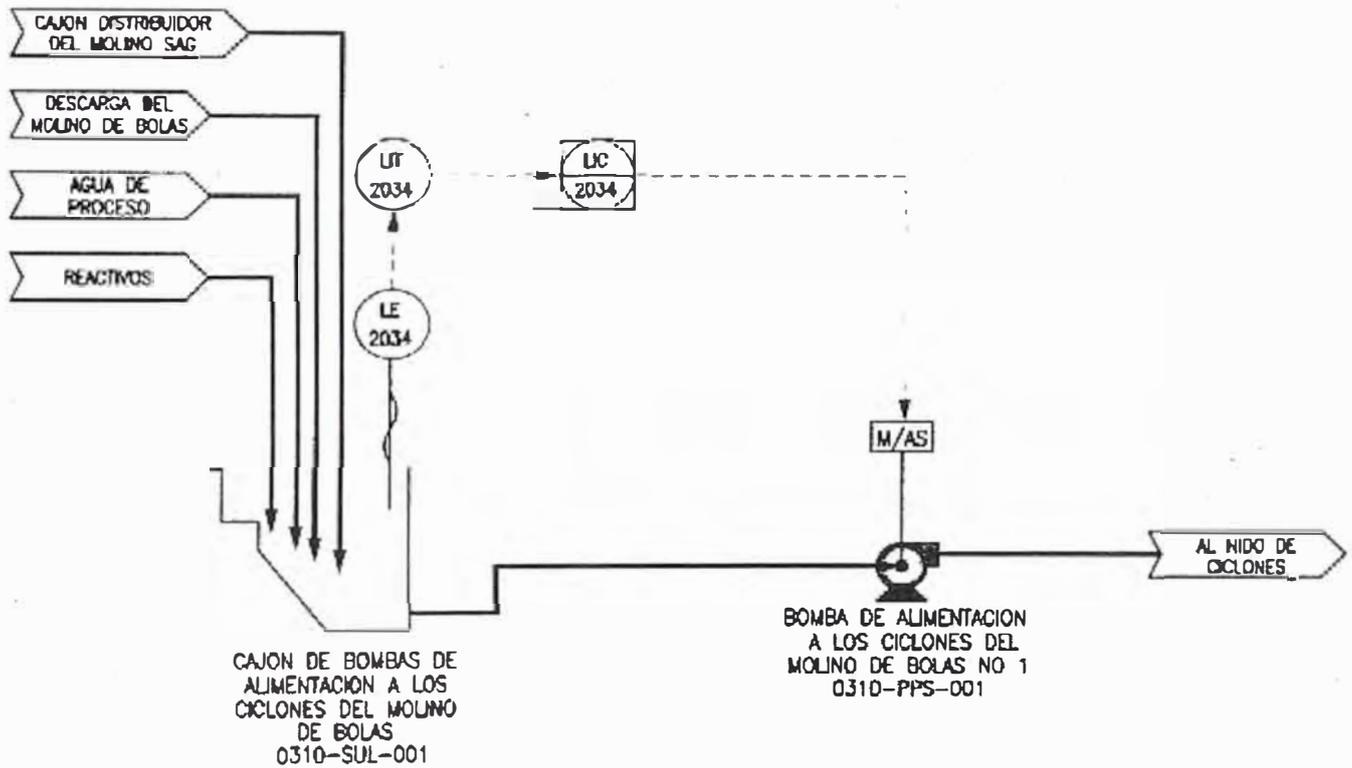


GRAFICO N° 31

LAZO DE CONTROL DE
NIVEL DEL CAJON DE BOMBAS
DE ALIMENTACION A LOS CICLONES



3.2.3.2 CONTROL DE PRESION DE ALIMENTACIÓN A LOS CICLONES

El objetivo del lazo de control de presión de alimentación a los ciclones es el de mantener la presión del distribuidor de alimentación al nido de ciclones dentro de su rango objetivo. Mantener el rango de presión del distribuidor de alimentación de los ciclones es esencial para proporcionar tanto un funcionamiento estable de los ciclones como un tamaño de partícula adecuada para el proceso de flotación de cobre.

La presión de alimentación de los ciclones es uno de los factores más importantes en el determinación de la distribución del tamaño de partículas en el flujo de finos de los ciclones. Mientras más alta sea la presión de alimentación, más fina será la distribución del tamaño de partículas en la corriente de finos. Mientras más baja sea la presión de alimentación, más gruesa será la distribución del tamaño de partículas en la corriente de finos.

La siguiente descripción del lazo de control corresponde al Nido de Ciclones del Molino de Bolas N° 1. Los lazos de control para los demás nidos de ciclones son similares.

CONTROL AUTOMATICO

La presión en el distribuidor de alimentación al nido de ciclones se mide y transmite por el transmisor indicador de presión al controlador indicador de presión, donde se compara con el valor predeterminado ingresado por el operador. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador determina si el número de ciclones en operación deben ser cambiados poniendo el valor de la válvula de presión medida en el rango definido del valor predeterminado.

Si la presión en el distribuidor de alimentación al nido de ciclones está por encima del valor predeterminado, el controlador envía una señal para abrir la válvula de cuchilla en uno o más ciclones adicionales para reducir la presión en el distribuidor de alimentación al valor predeterminado. De manera inversa, si la presión en el distribuidor de alimentación al nido de ciclones está por debajo del valor predeterminado, el controlador envía una señal para cerrar la válvula de cuchilla en uno o más ciclones para aumentar la presión en el distribuidor de alimentación al nido de ciclones al valor predeterminado.

CONTROL MANUAL

De ser necesario, el operador puede colocar el controlador indicador de presión en modo Manual y puede abrir o cerrar directamente las válvulas de cuchilla para los ciclones. De esta forma, el número de ciclones en funcionamiento no responde automáticamente a los cambios en la presión del distribuidor de alimentación.

Ver gráficos N° 33 y 34.

DIAGRAMA EN BLOQUES

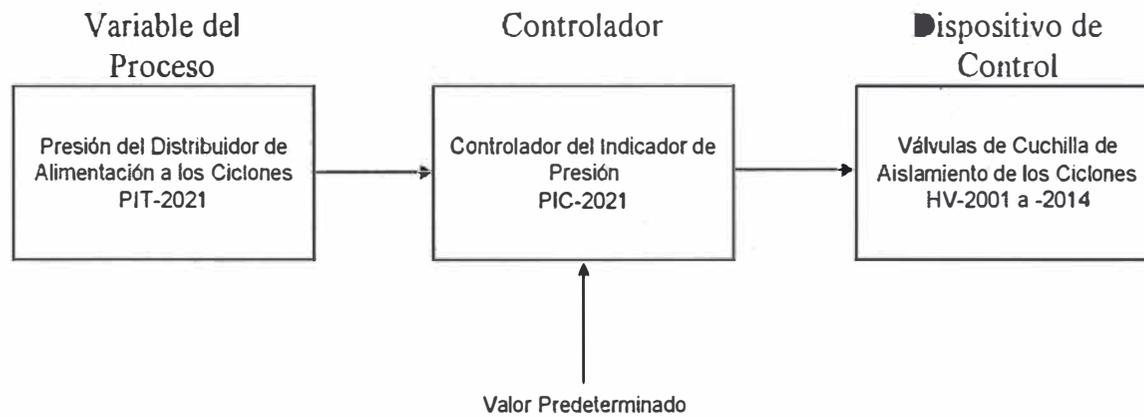
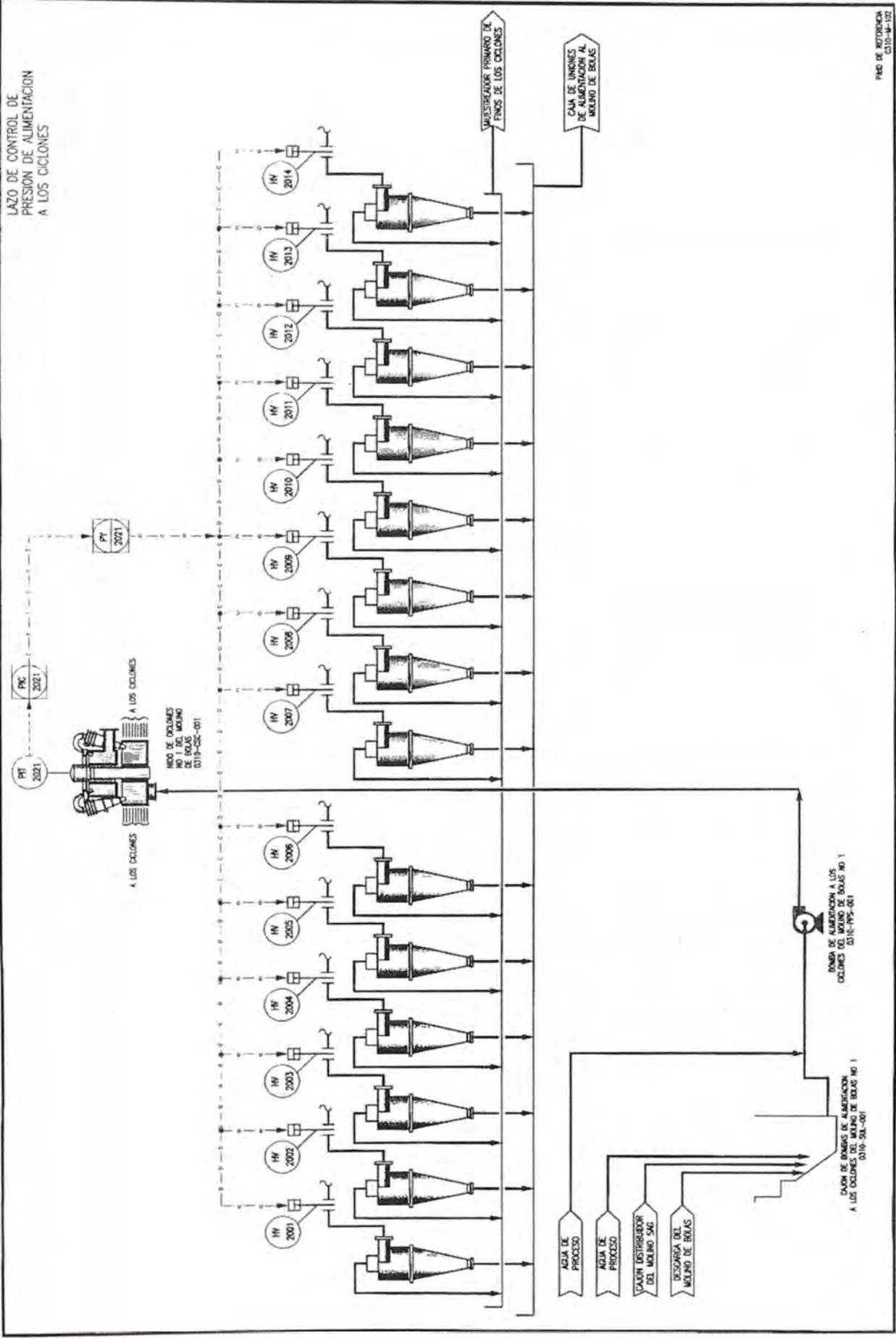


GRAFICO N° 33

LAZO DE CONTROL DE PRESION DE ALIMENTACION A LOS CICLONES



PLM DE INGENIERIA C-110-14-102

GRAFICO N° 34

3.2.3.3 CONTROL DE TAMAÑO DE PARTICULAS DE LOS FINOS DE CICLONES

El objetivo del lazo de control de tamaño de partículas de los finos de los ciclones es mantener el tamaño de partícula deseado en la pulpa que ingresa al circuito de flotación de cobre. El lazo de control del tamaño de partículas asegura que el circuito de flotación opere establemente y a eficiencia optimizada. La válvula de control de reposición de agua de proceso que alimenta al ciclón es modulada para controlar la densidad de la pulpa que está siendo bombeada al nido de ciclones, controlando el tamaño de partículas de los finos que van al cajón de distribución de flotación.

La siguiente descripción del lazo de control corresponde a los finos de los ciclones del Molino de Bolas N° 1. Los lazos de control para los finos de los ciclones de los Molinos de Bolas N° 2 y N° 3 son similares .

CONTROL AUTOMATICO

Hay tres modos de control automático posibles. En modo Cascade 1, el operador usa el controlador indicador de análisis para mantener el tamaño de partícula deseado en el flujo de finos de los ciclones. En el modo Cascade 2, el operador usa el controlador indicador de densidad para mantener la densidad deseada de la pulpa al nido de ciclones, que, a su vez, controla el tamaño de partículas. En modo Automatic, el operador usa el controlador indicador de flujo de agua de proceso para mantener el flujo deseado en el cajón de alimentación a los ciclones.

Modo Cascade 1

El elemento de análisis realiza las mediciones del tamaño de partículas en el analizador del tamaño de partículas. La señal es transmitida al controlador indicador de análisis, donde se compara con un valor predeterminado ingresado por el operador. La señal del controlador indicador de análisis se convierte en el valor predeterminado remoto para el controlador indicador de densidad. Al mismo tiempo, la densidad de alimentación de la pulpa al nido de ciclones se mide con un dispositivo nuclear de densidad, y la señal es transmitida por el transmisor indicador al controlador indicador de densidad, donde es comparado al valor predeterminado remoto del controlador indicador de análisis. La señal de salida del controlador indicador de densidad se convierte en el valor predeterminado remoto para el controlador indicador del flujo de agua de proceso.

También, al mismo tiempo, el flujo de agua de proceso en el cajón de alimentación a ciclones se mide con el sensor de flujos. La señal es transmitida por el transmisor indicador de flujos al controlador indicador de flujos, donde se compara con el valor predeterminado remoto del controlador indicador de densidad. Si hay una diferencia entre estos dos valores, el controlador indicador de flujo modula la válvula de control de flujos para aumentar o disminuir el flujo de agua de proceso en el cajón de distribución de alimentación a ciclones. Si el tamaño de partículas medido está por encima del valor predeterminado, el controlador envía una señal al controlador indicador de densidad, disminuyendo la densidad del valor predeterminado. El controlador de densidad envía una señal al controlador indicador de flujo, aumentando el valor predeterminado del flujo de agua. El controlador indicador de flujo compara el nuevo valor predeterminado con el flujo real. Si el flujo está por debajo del valor predeterminado, el controlador indicador de flujo abre más la válvula de control de flujo para aumentar el flujo de agua de proceso en el cajón de alimentación a ciclones. Esto, a su vez, disminuye la densidad de la pulpa que alimenta al nido de ciclones, lo que da como resultado a su vez una disminución tanto de la densidad de pulpa como del tamaño de partícula en la corriente de finos de los ciclones.

De manera inversa, se el tamaño de partículas está por debajo del valor predeterminado, el controlador envía una señal al controlador indicador de densidad, aumentando el valor predeterminado de densidad. El controlador de densidad envía una señal al controlador indicador de flujo, disminuyendo el valor predeterminado de flujo de agua. El controlador indicador de flujo compara el nuevo valor predeterminado con el flujo real. Si el flujo está sobre el valor predeterminado, el controlador indicador de flujo cierra la válvula de control de flujo para disminuir el flujo del agua de proceso en el cajón de bombas de alimentación a ciclones. Esto, a su vez, aumenta la densidad de la pulpa que alimenta al nido de ciclones, lo que da como resultado un aumento tanto en la densidad de la pulpa como en el tamaño de partículas en la corriente de finos de los ciclones.

Modo Cascade 2

En este modo, el operador ingresa un valor predeterminado de densidad en el controlador indicador de densidad. El controlador indicador de densidad responde a una diferencia entre la densidad medida y el valor predeterminado de densidad, tal como se describe anteriormente bajo el Modo Cascade 1.

Modo Automatic

En este modo, el operador ingresa un valor predeterminado en el controlador indicador de flujo. El controlador indicador de flujo responde a una diferencia entre el flujo medido y el valor predeterminado del flujo, tal como se describe anteriormente al modo Cascade 1. El operador debe estar consciente que el tamaño de partículas puede variar con los cambios de flujo de pulpa y las densidades que ingresan al cajón de bombas.

CONTROL MANUAL

El operador puede poner el controlador indicador de flujo en modo Manual y ajustar la válvula de control de flujo a cualquier posición dentro de su rango de operación. Este modo se usa normalmente durante el arranque de la planta, para el mantenimiento de control de flujo, del instrumento o si el flujo de agua de proceso varía mucho.

Ver gráficos N° 35, 36 y 37.

DIAGRAMA EN BLOQUES

Modo *Cascade 1*

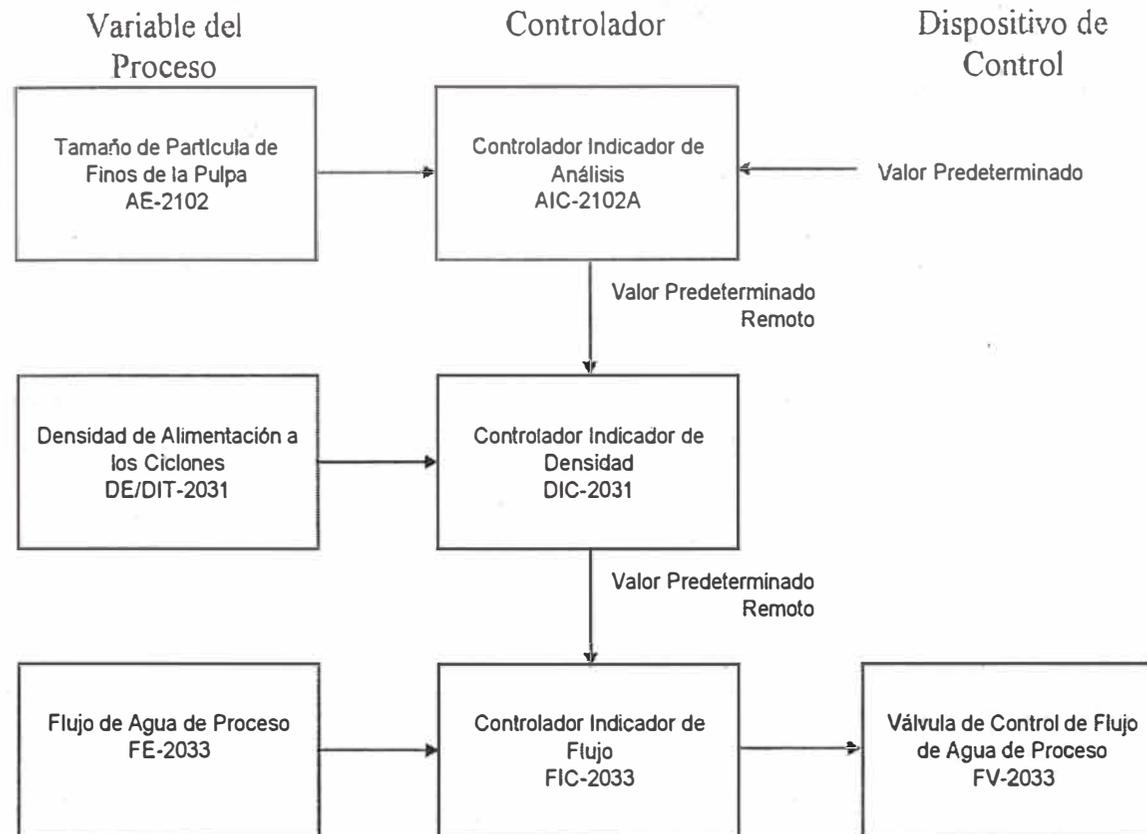
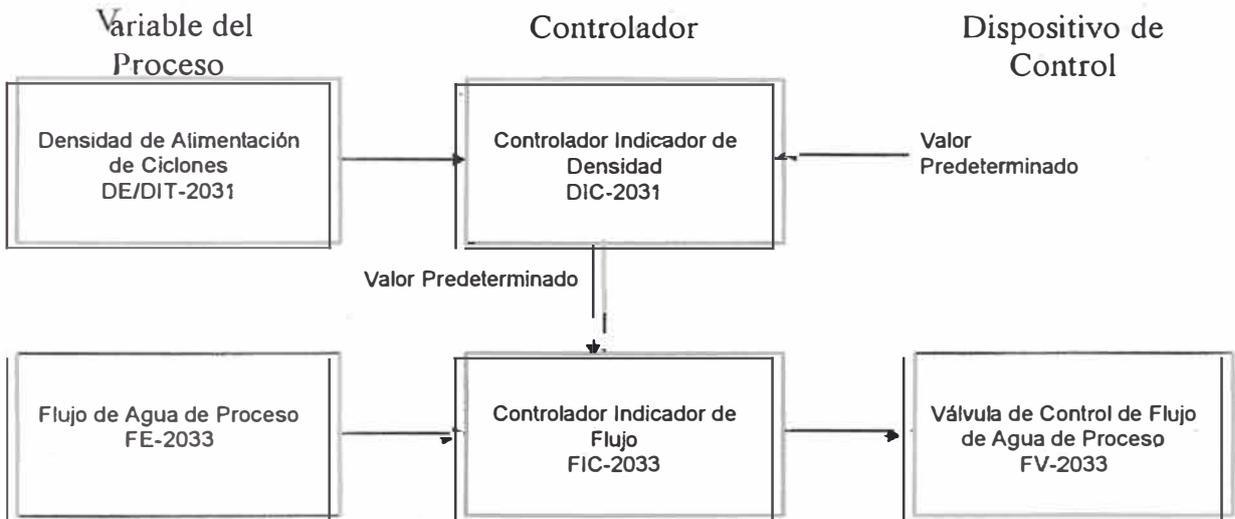


GRAFICO N° 35

Modo Cascade 2



Modo Automático

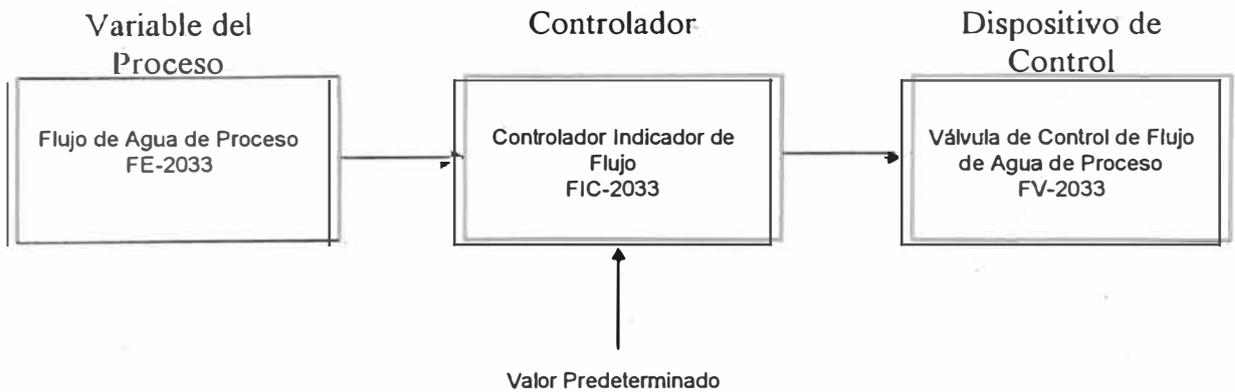


GRAFICO N° 36

LAZO DE CONTROL DE TAMAÑO DE PARTICULAS DE LOS FINOS DE LOS CICLONES

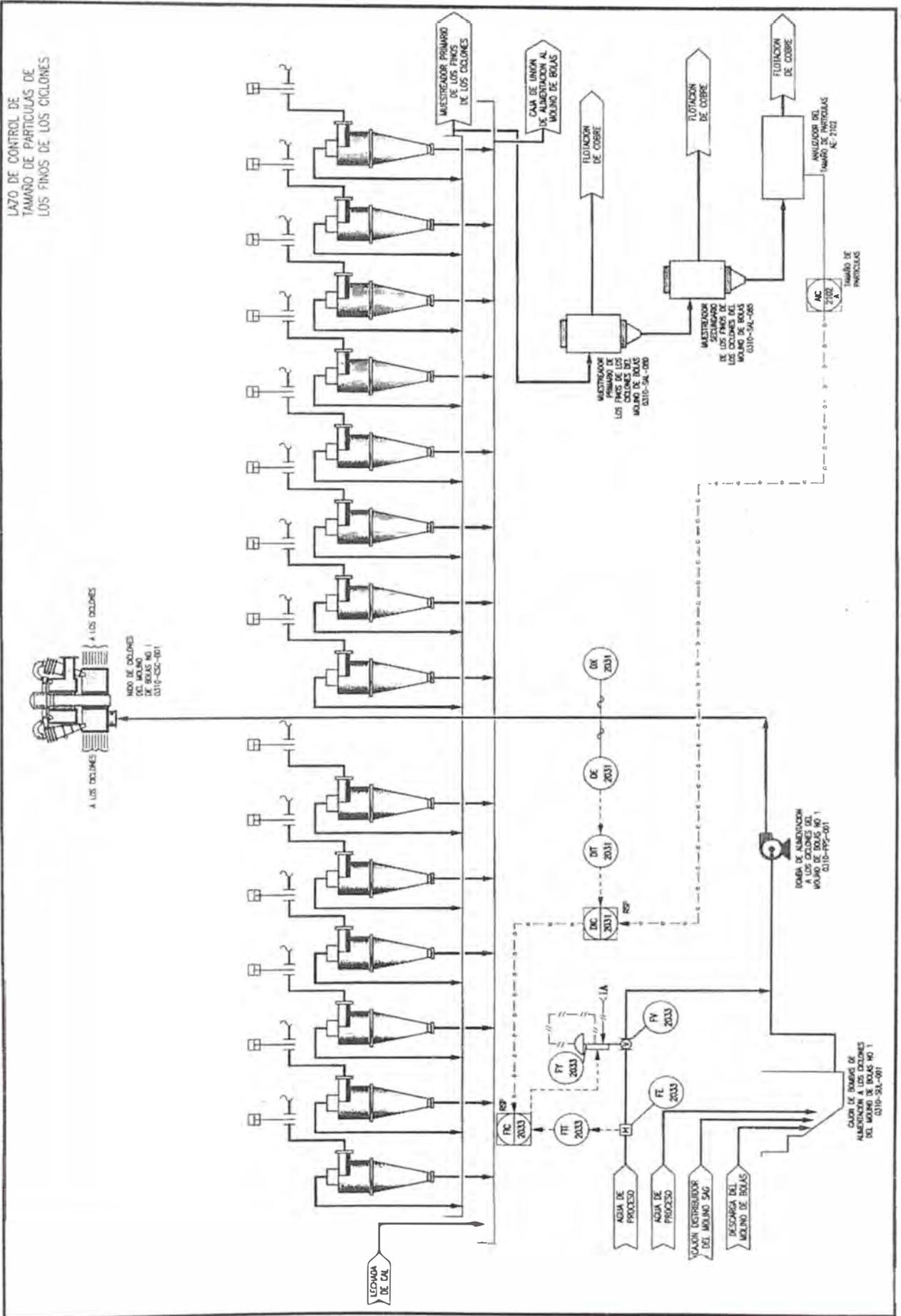


GRAFICO N° 37

3.2.3.4 CONTROL DE ALIMENTACIÓN DE BOLAS AL MOLINO DE BOLAS

El objetivo del lazo de control de alimentación de bolas al molino de bolas es mantener la carga de bolas adecuadas en el molino. Mantener la carga de bolas adecuada es un aspecto muy importante para maximizar la producción del molino. El número de bolas agregado se basa normalmente en el consumo de potencia del molino. También puede basar en el peso aproximado de cada bola y la tasa de desgaste aproximada del medio de molienda en el molino. A veces, el supervisor puede solicitar una adición de bolas en base a la medición de carga de bolas tomada durante la parada del molino.

Hay dos alimentadores de bolas rotatorios y un sistema de transporte de faja común a los tres molinos de bolas. Las bolas se agregan automáticamente a uno de los alimentadores de bolas rotatorios. El operador ingresa un valor para el número de bolas que será agregado al molino. Luego se arranca el alimentador rotatorio y las bolas son alimentadas una por una a una faja de transferencia de bolas. Un contador en la descarga de bolas hace un seguimiento de cuantas bolas han sido agregadas. Cuando el número de bolas suministradas alcanza el valor actual, el alimentador se detiene. Sólo se permite las tandas automáticas cuando los tres molinos de bolas están funcionando.

CONTROL AUTOMATICO

No se cuenta con control automático de adición de bolas a los molinos de bolas.

CONTROL MANUAL

En base al consumo de potencia del molino, al régimen de uso de bolas histórico, o a las órdenes del supervisor, el operador establece el número de bolas que será ingresado al molino de bolas. Este valor es ingresado en el controlador indicador de relación de cantidad en el PCS. El operador arranca la faja de transferencia de bolas y la faja transportadora de bolas, selecciona el molino de bolas que está funcionando, abre la compuerta neumática entre la tolva y el alimentador, y luego arranca el alimentador de bolas rotatorio. Las bolas caen de la tolva del almacenamiento de bolas en el alimentador conforme el alimentador funciona. El alimentador rota de manera continua, y las bolas son descargadas en la faja de transferencia de bolas. Conforme las bolas caen, son detectadas por el contador de bolas. El contador agrega el número de bolas que pasan, y apaga el alimentador rotatorio cuando se alcanza el valor predeterminado.

Ver gráficos N° 38 y 39.

DIAGRAMA EN BLOQUES

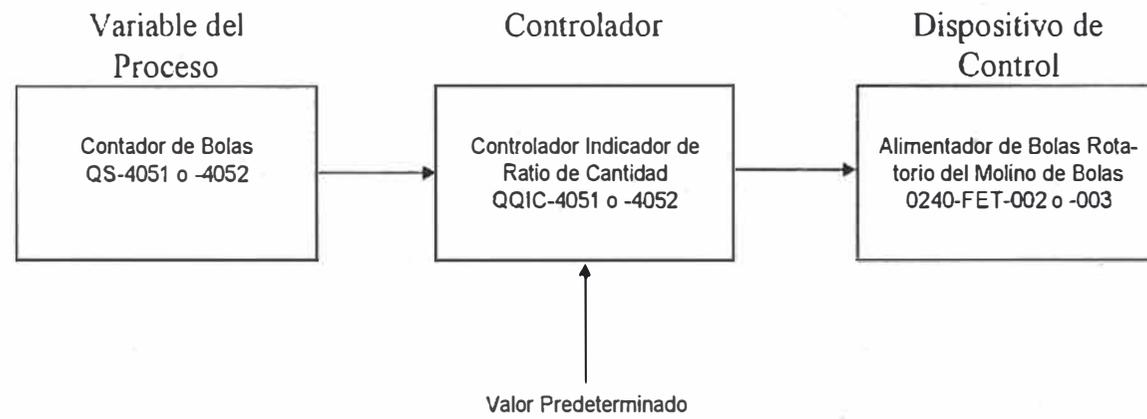
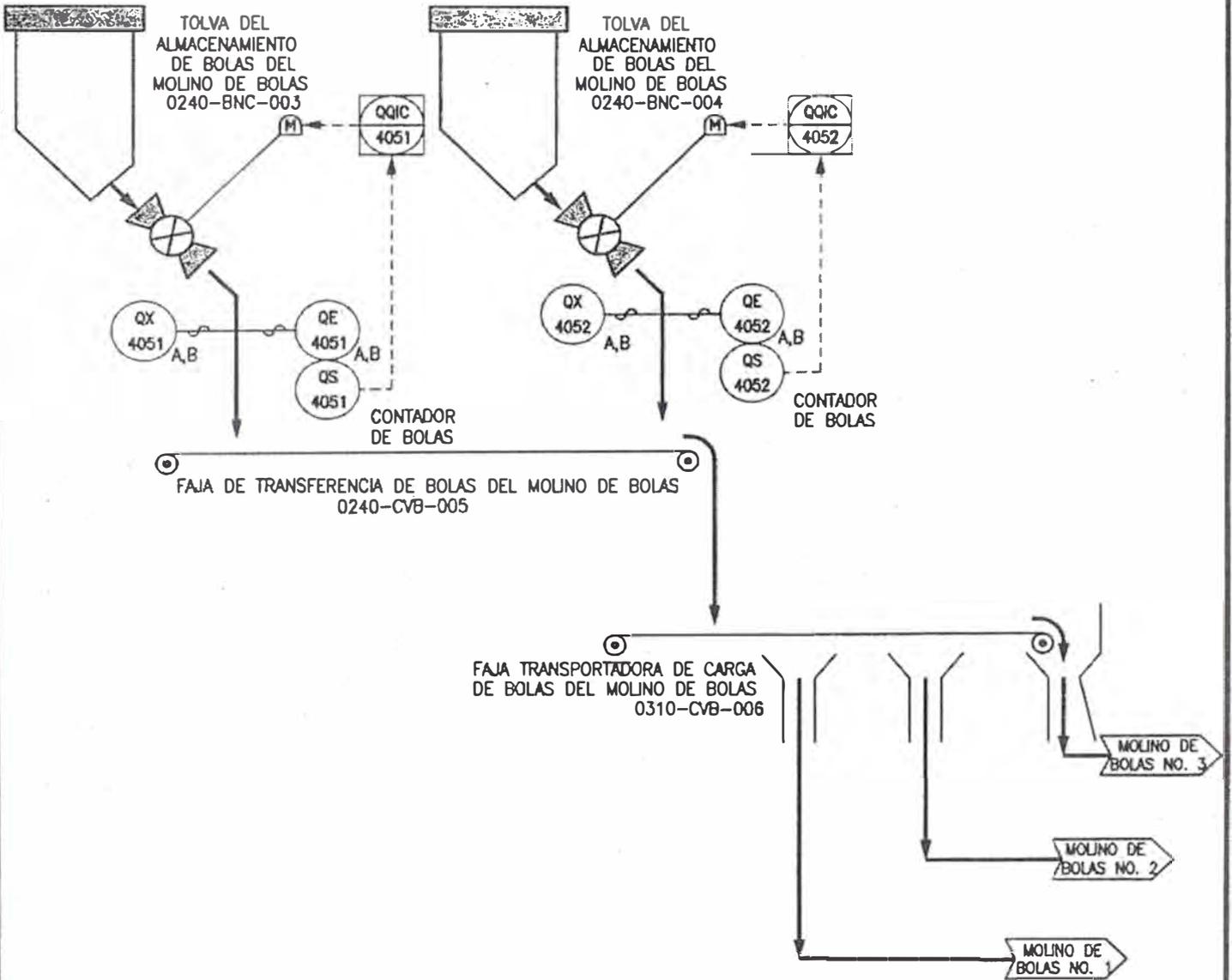


GRAFICO N° 38

LAZO DE CONTROL
DE ALIMENTACION
DE BOLAS AL
MOLINO DE BOLAS

ENSAMBLE DEL ALIMENTADOR
DE BOLAS ROTATORIO
DEL MOLINO DE BOLAS
0240-FET-002

ENSAMBLE DEL ALIMENTADOR
DE BOLAS ROTATORIO
DEL MOLINO DE BOLAS
0240-FET-003



4.0 ENCLAVAMIENTOS

4.1 EXTRACCIÓN DE MINERAL GRUESO DEL AREA DE ACOPIO

4.1.1 ENCLAVAMIENTOS ALIMENTADORES DE PLACAS PARA EXTRACCIÓN DE MINERAL GRUESO

1.- Equipo: Alimentador de placas para Extracción de Mineral Grueso

Condición del Enclavamiento:

- a.- El alimentador no puede arrancar ni funcionar se el nivel del chute es bajo LSL (permisivo y enclavamiento)
- b.- El alimentador se para y no puede arrancar si se activan cualquiera de los cuatro cables de emergencia y no son reseteados HS (permisivo y enclavamiento)
- c.- El alimentador se para si el sensor de velocidad en la polea de cola detecta baja velocidad SSL (enclavamiento).
- d.- El alimentador no puede arrancar ni funcionar si se detecta nivel de mineral alto en el chute de descarga LSH (permisivo y enclavamiento)
- e.- El motor del alimentador no puede arrancar ni funcionar si hay una falla en la unidad de potencia UA (permisivo y enclavamiento).
- f.- El alimentador no puede arrancar ni funcionar si la faja transportadora del Molino SAG no está funcionando (permisivo y enclavamiento).
- g.-El motor del alimentador no puede arrancar hasta que se active la bocina de advertencia de arranque por un tiempo predeterminado (permisivo).

Nota: El enclavamiento N° 1 es para el alimentador de placas para extracción de mineral grueso 0240-FEA -010. Los enclavamientos para los Alimentadores de Placas para la Extracción de Mineral Grueso 0240-FEA-011 a 015 son similares.

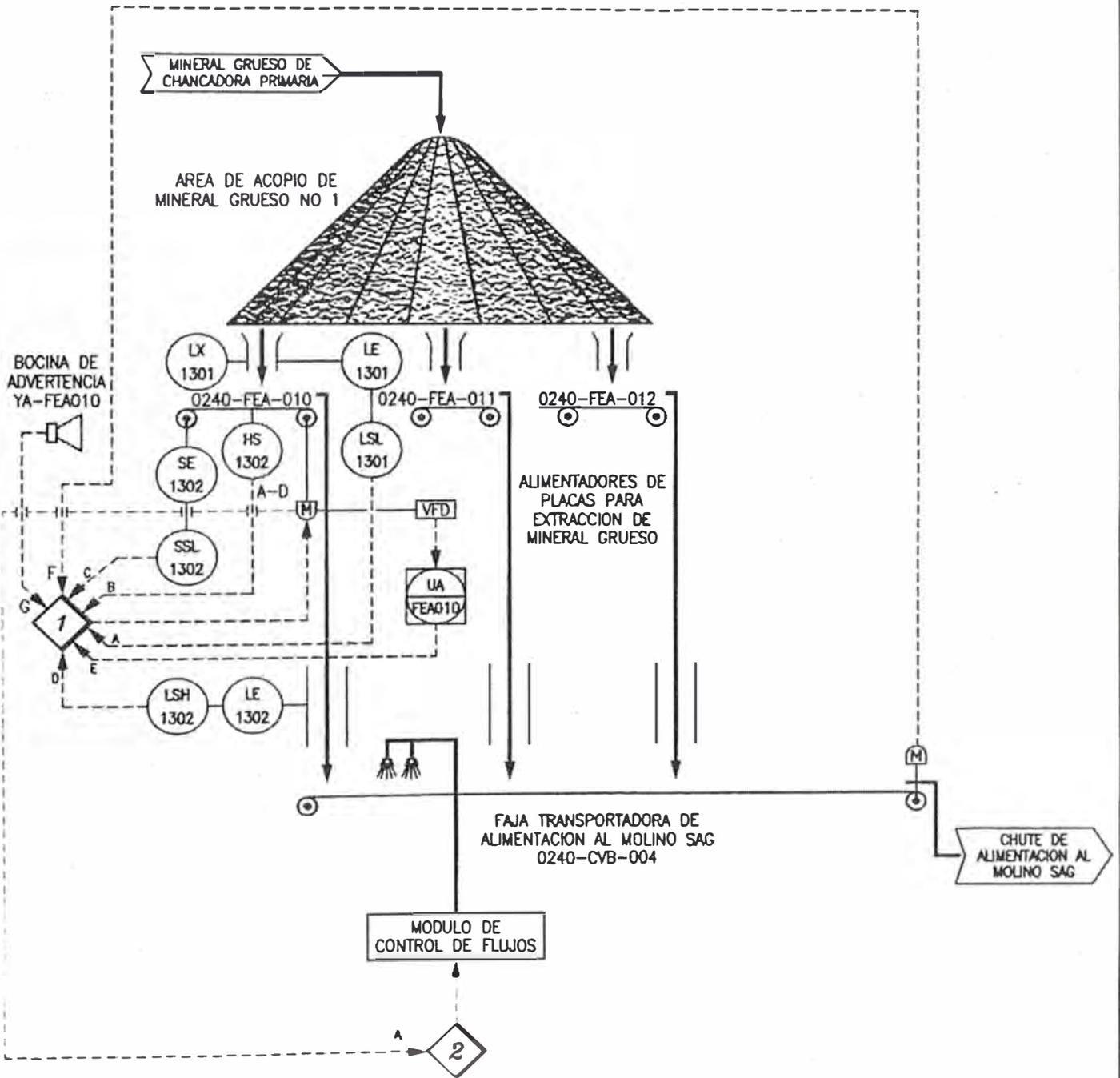
2.- Equipo: Módulo de control de flujo de eliminación de polvo en el alimentador de placas.

Condición de Enclavamiento:

- a.- El flujo de aire y de agua del sistema de eliminación de polvo en el punto de descarga del alimentador de placas arranca si el alimentador está arrancado (enclavamiento).

Ver gráfico N° 40.

ENCLAVAMIENTOS-
ALIMENTADORES DE PLACAS PARA
EXTRACCION DE MINERAL GRUESO



4.1.2 ENCLAVAMIENTOS- FAJA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO SAG

1.- Equipo: Faja transportadora de alimentación al molino SAG.

Condición de Enclavamiento:

- a.- La faja transportadora no puede arrancar ni funcionar si se detecta un alto nivel de mineral en el chute de descarga de la faja transportadora LSH (permisivo y enclavamiento).
- b.- La faja transportadora no puede arrancar ni operar si se activa cualquiera de los 12 cables de emergencia y no son reseterados HS (permisivo y enclavamiento).
- c.- La faja transportadora no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de los cuatro interruptores de desplazamiento lateral detecta un desplazamiento lateral ZSHH (permisivo y enclavamiento)
- d.- La faja no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de los seis interruptores de detección de rasgado detecta una rasgadura XS (permisivo y enclavamiento).
- e.- La faja se detiene si el sensor de velocidad en la polea de cola detecta velocidad baja SSL (enclavamiento).
- f.- La faja no puede arrancar ni funcionar si la válvula de agua no está abierta FV (permisivo y enclavamiento).
- g.- La faja no puede arrancar hasta que se active la bocina de advertencia de arranque por un tiempo predeterminad (permisivo)
- h.- La faja no puede arrancar ni funcionar si el motor del molino SAG no está funcionando (permisivo y enclavamiento).

2.- Equipo: Alimentador rotatorio de Bolas del Molino SAG.

Condición de Enclavamiento:

- a.- El alimentador de bolas no puede arrancar ni funcionar a menos que la faja transportadora del Molino SAG esté funcionando (permisivo y enclavamiento).

Nota: Ver gráfico de la pagina siguiente.

4.1.3 ENCLAVAMIENTOS – VENTILADOR DEL TUNEL DE EXTRACCIÓN

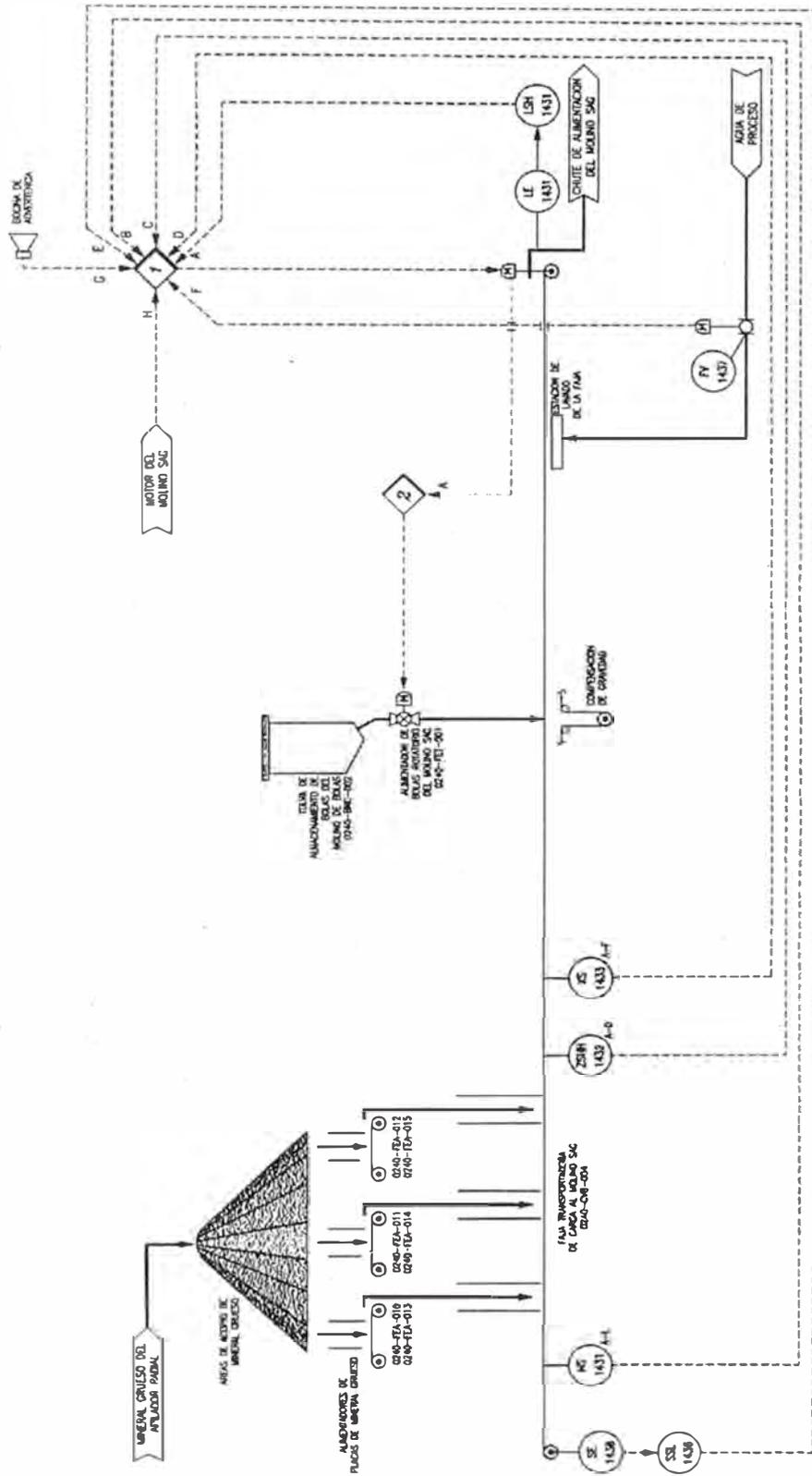
1.- Equipo : Ventilador del Túnel de Extracción.

Condición del Enclavamiento:

- a.- El ventilador se desconecta cuando el sistema de prevención de incendios se activa (enclavamiento).

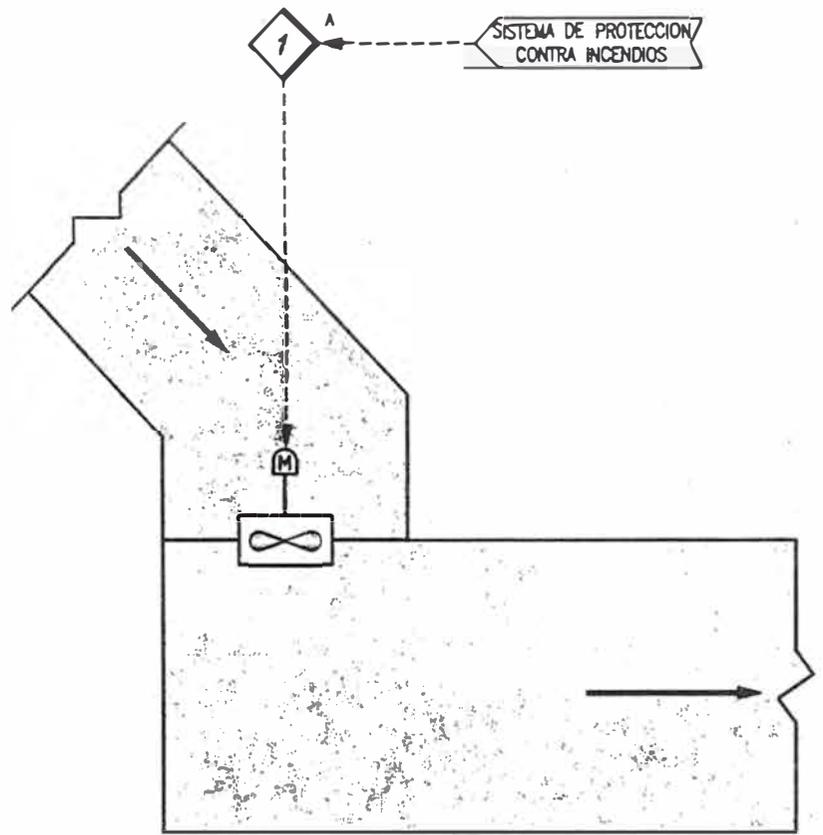
Ver gráficos N° 41 y 42.

ENCUADRAMIENTO -
FAJA TRANSPORTADORA
DE ALIMENTACION AL
MOLINO SAG



0000

GRAFICO N° 41



VENTILADOR DEL
TUNEL DE EXTRACCION
0240-FAA-027

GRAFICO N° 42

4.2 MOLIENDA EN EL MOLINO SAG Y CLASIFICACION

4.2.1 ENCLAVAMIENTOS-MOLINO SAG

1.- Equipo : Motor del molino SAG

Condición del Enclavamiento:

a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar se la temperatura de cualquiera de las chumaceras del muñón de alimentación indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).

b.- El molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura de cualquiera de las chumaceras del muñón de descarga indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).

c.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura de cualquiera de los conductos de las chumaceras del lado derecho indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).

d.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura de cualquiera de los conductos de las chumaceras del muñón del lado izquierdo indica alto-alto TAHH (permisivo y permisivo).

e.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar a menos que se hayan realizado los enclavamientos auxiliares (permisivo y enclavamiento)

Ver gráfico N° 43.

4.2.2 ENCLAVAMIENTOS- ENFRIAMIENTO DEL MOTOR DE ANILLO Y DEL CICLOCONVERTIDOR

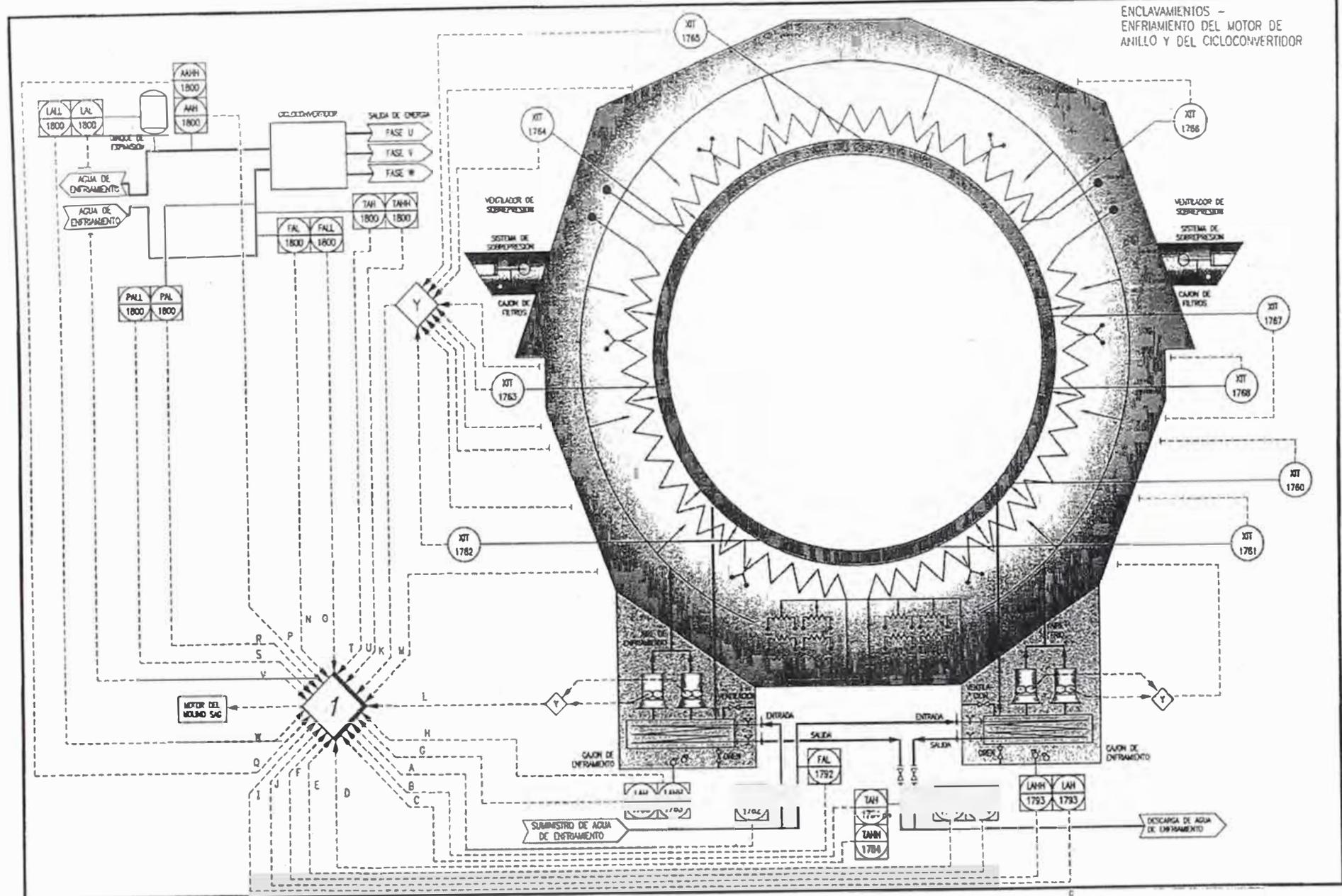
1.- Equipo : Motor del Molino SAG.

Condición de Enclavamiento:

- a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el flujo del agua de enfriamiento del intercambiador de calor del lado izquierdo del motor de anillo es bajo FAL (permisivo y enclavamiento).
- b.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el flujo de agua de enfriamiento del intercambiador de calor del lado derecho del motor de anillo es bajo FAL (permisivo y enclavamiento).
- c.- El motor del molino SAG no puede arrancar si la temperatura de retorno del agua de enfriamiento del motor de anillo del lado izquierdo es alta TAH (permisivo).
- d.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura de retorno del agua de enfriamiento del motor de anillo de lado izquierdo indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).
- e.- El motor del molino SAG no puede arrancar si la temperatura de retorno del agua de enfriamiento del motor de anillo del lado derecho es alto TAH (permisivo).
- f.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura del agua de enfriamiento del motor de anillo del lado derecho indica alto-altoTAHH (permisivo y enclavamiento).
- g.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el nivel de fugas del agua de enfriamiento del lado izquierdo es alto LAH (permisivo).
- h.- El molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el nivel de fugas del agua de enfriamiento del lado izquierdo es alto-alto LAHH (permisivo y enclavamiento).
- i.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el nivel de fuga del agua de enfriamiento del lado derecho es alto LAH (permisivo).
- j.- El molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el nivel de fuga del agua de enfriamiento del lado derecho es alto-alto LAHH (permisivo y enclavamiento).
- k.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el puente de aire en el interior del motor no es correcto XIT (permisivo).
- l.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si ninguno de los dos ventiladores del intercambiador de calor del lado izquierdo está funcionando (permisivo y enclavamiento).
- m.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si ninguno de los ventiladores de enfriamiento del intercambiador de calor del lado derecho está funcionando (permisivo y enclavamiento)
- n.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el flujo de agua de enfriamiento del cicloconvertidor es bajo FAL (permisivo).
- o.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el flujo del agua de enfriamiento del cicloconvertidor es bajo-bajo FALL (permisivo y enclavamiento).
- p.- El motor del molino SAG no puede arrancar si la conductividad del agua de enfriamiento es alta AAH (permisivo).
- q.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la conductividad del agua de enfriamiento del cicloconvertidor indica alto-alto AAHH (permisivo y enclavamiento).
- r.- El motor del molino SAG no puede arrancar si la presión de la descarga de la bomba de descarga de circulación del agua de enfriamiento del cicloconvertidor es baja PAL (permisivo).

- s.- El motor del molino no puede arrancar ni funcionar si la presión de la bomba de descarga de circulación del agua de enfriamiento del cicloconvertidor indica bajo-bajo PALL (permisivo y enclavamiento).
- t.- El motor del molino SAG no puede arrancar si la temperatura del agua de enfriamiento es alta TAH (permisivo).
- u.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura del agua de enfriamiento indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).
- v.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el nivel del agua de enfriamiento en el tanque de expansión es bajo LAL (permisivo).
- w.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el nivel del agua de enfriamiento en el tanque de expansión es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).
Ver grafico N° 44.

ENCLAVIEMIENTOS -
ENFRIAMIENTO DEL MOTOR DE
ANILLO Y DEL CICLOCONVERTIDOR



ES:30011 C:\grafic\grafico44.dwg

GRAFICO N° 44

4.2.3 ENCLAVAMIENTOS- SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOLINO SAG.

1.- Equipo: Motor del molino SAG.

Condiciones de Enclavamiento:

- a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si se detecta un flujo de aceite bajo-bajo en las chumaceras del muñón del extremo de alimentación FALL. Se activa el sistema de agotamiento de aceite (permisivo y enclavamiento).
- b.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si se detecta un flujo de aceite bajo-bajo en las chumaceras del muñón del extremo de descarga FALL. Se activa el sistema de agotamiento de aceite (permisivo y enclavamiento).
- c.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la presión diferencial en los filtros es alta DPA H(permisivo y enclavamiento).
- d.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si se detecta un flujo de aceite bajo-bajo por los rieles de fijación del extremo de alimentación izquierdo FALL. Se activa el sistema de agotamiento de aceite (permisivo y enclavamiento).
- e.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la presión diferencial en los filtros es alta DPA H(permisivo y enclavamiento).
- f.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si se detecta un flujo de aceite bajo-bajo por los rieles de fijación del extremo de alimentación derecho FALL. Se activa el sistema de agotamiento de aceite.(permisivo y enclavamiento).
- g.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la presión diferencial en los filtros es alta DPA H(permisivo y enclavamiento).
- h.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni pararse en modo Normal si la presión del sistema de agotamiento de suministro de aceite indica bajo-bajo PALL (permisivo y enclavamiento).
- i.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni pararse en modo Normal si la temperatura de aceite del compartimiento acondicionado indica alto-alto TAAH (permisivo y enclavamiento).
- j.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura del aceite del compartimiento acondicionado es alta TAH (permisivo)
- k.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni detenerse en modo Normal si la temperatura del aceite del compartimiento de retorno es baja TAL (permisivo y enclavamiento).
- l.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni pararse en modo Normal si el nivel de aceite en el compartimiento de retorno es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).
- m.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el nivel de aceite del compartimiento de retorno es bajo LAL (permisivo).
- n.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni pararse en modo Normal si el nivel de aceite del compartimiento acondicionado es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).
- o.- El motor del molino SAG no puede arrancar si el nivel de aceite del compartimiento acondicionado es bajo LAL (permisivo).
- p.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de las presiones hidrostáticas de aceite de lubricación indica bajo-bajo PALL. Se activa el sistema de agotamiento de aceite (permisivo y enclavamiento).
- q.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de las presiones de aceite de lubricación de los conductos indica bajo-bajo PALL (permisivo y enclavamiento).

r.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de las presiones del acumulador de agotamiento indica bajo-bajo PALL (permisivo y enclavamiento).

2.- Equipo : Válvula de alivio de Descarga del Molino SAG.

Condición del Enclavamiento:

a.- La válvula se abre, proporcionando aceite de emergencia a las chumaceras, si el flujo de aceite en el distribuidor de flujo del extremo de alimentación es bajo FAL (enclavamiento).

b.- La válvula se abre, suministrando aceite de emergencia a las chumaceras, si el flujo de aceite en el distribuidor de flujos del extremo de descarga es bajo FAL (enclavamiento).

c.- La válvula se abre, proporcionando aceite de emergencia a las chumaceras, si cualquiera de las presiones hidrostáticas de lubricante indican bajo-bajo PALL. (enclavamiento).

d.- La válvula se abre, suministrando aceite de emergencia a las chumaceras, si cualquiera de las presiones hidrostáticas de aceite de lubricación de los conductos indica bajo-bajo PALL (enclavamiento).

e.- La válvula se abre, suministrando aceite de emergencia a las chumaceras, si menos de dos bombas hidrostáticas y de lubricación de las chumaceras del muñón están funcionando (enclavamiento).

3.- Equipo : Bomba de Acumulador de Lubricante de las Chumaceras del Muñón del Molino SAG.

Condición del Enclavamiento.

a.- La bomba no arranca ni funciona si la presión del cabezal de lubricación es alta PCH (permisivo y enclavamiento).

b.- La bomba no puede arrancar si la presión del acumulador indica bajo-bajo PALL (permisivo).

c.- La bomba se para si la presión diferencial en el filtro es alta DPA H (enclavamiento).

d.- La bomba arranca si la presión del distribuidor múltiple del acumulador es baja PAL (enclavamiento).

4.- Equipo : Bomba Hidrostática y de Lubricación de la Chumacera del Muñón del Molino SAG.

Condición del Enclavamiento.

a.- Las bombas no pueden arrancar si el nivel del compartimiento acondicionado es bajo LAL (permisivo).

b.- Las bombas no pueden arrancar ni funcionar si el nivel de aceite del compartimiento acondicionado es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).

c.- Las bombas no pueden arrancar ni funcionar si la temperatura de aceite del compartimiento acondicionado es alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).

d.- Las bombas no pueden arrancar si la temperatura del aceite del compartimiento acondicionado es alta TAH (permisivo)

5.- Equipo : Bombas del Circuito de Acondicionamiento del Molino SAG.

Condición del Enclavamiento.

a.- Las bombas no pueden arrancar si el nivel en el compartimiento de retorno es bajo LAL (permisivo).

b.- Las bombas no pueden arrancar ni funcionar si el nivel en el compartimiento de retorno es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).

c.- Las bombas no pueden arrancar ni funcionar si la temperatura en el compartimiento de retorno es baja TAL (permisivo y enclavamiento).

d.- Las bombas no pueden arrancar ni funcionar si se detecta que el flujo de aceite que regresa al compartimiento de acondicionamiento es bajo-bajo FALL (permisivo y enclavamiento).

e.- Las bombas se paran si la presión diferencial en los filtros es alta DPA H (enclavamiento).

6.- Equipo : Calentador Sumergido del Aceite de Lubricación del Molino SAG en el compartimiento de retorno.

Condición de Enclavamiento.

a.- El calentador no puede arrancar ni funcionar si el nivel de aceite lubricante en el compartimiento de retorno es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).

b.- El calentador no puede arrancar si la temperatura del lubricante es alta TAH (permisivo)

c.- El calentador no puede arrancar ni funcionar si el compartimiento de aceite acondicionado es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).

Nota: Este enclavamiento es idéntico en los cuatro calentadores sumergidos.

Ver gráfico N° 45.

ENCLAVIADOS - SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOLINO SAG

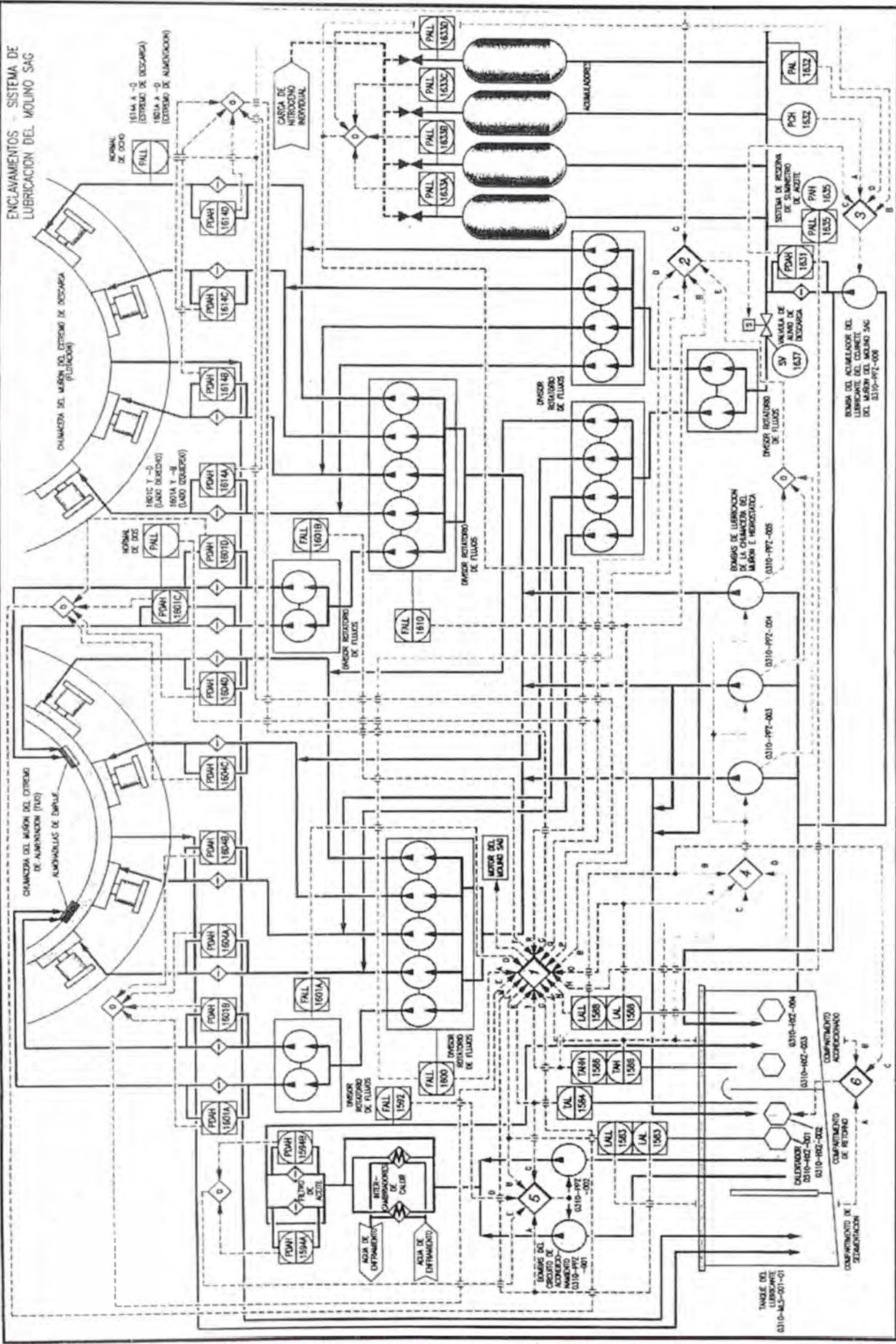


GRAFICO N° 45

4.2.4 ENCLAVAMIENTOS- SISTEMA DE FRENOS DEL MOLINO SAG

1.- Equipo : Bomba Hidráulica del Molino SAG.

Condición de Enclavamiento:

- a.- La bomba no puede arrancar ni funcionar si la presión del acumulador es alta PCH (permisivo y enclavamiento).
- b.- La bomba no puede arrancar ni funcionar si la temperatura del tanque indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).
- c.- La bomba no puede arrancar ni funcionar si el nivel del tanque es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).
- d.- La bomba se para si el diferencial de presión en el filtro es alto DPA H (enclavamiento).

2.- Equipo : Calentador del Tanque.

Condición del Enclavamiento:

- a.- El calentador no puede arrancar ni funcionar si la temperatura del tanque indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).
- b.- El calentador no puede arrancar ni funcionar si el nivel del tanque es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).
- c.- El calentador automáticamente arranca cuando la temperatura del tanque es baja y se para cuando la temperatura es alta TS (enclavamiento).

3.- Equipo : Motor del Molino SAG.

Condición del Enclavamiento.

- a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si el nivel del tanque es bajo-bajo LALL (permisivo y enclavamiento).
- b.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la temperatura del tanque indica alto-alto TAHH (permisivo y enclavamiento).
- c.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar si la presión del acumulador es baja PAL (permisivo y enclavamiento).
- d.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar a menos que la válvula de aislamiento ZSO del calibre N° 1 (lado izquierdo) y todas las válvulas de aislamiento estén abiertas ZSO (permisivo y enclavamiento).
- e.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar a menos que las válvulas de aislamiento ZSO del calibre N° 2 (lado derecho) estén abiertas ZSO (permisivo y enclavamiento).

4.- Equipo : Motor del Molino SAG modo Normal .

Condición del Enclavamiento.

- a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Normal si la presión de liberación del freno es baja PAL (permisivo y enclavamiento).
- b.- El motor del molino SAG no puede arrancar en modo Normal si la presión del acumulador es baja PAL (permisivo).
- c.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Normal si cualquiera de los ocho calibres del freno están cerrados ZLH (permisivo y enclavamiento).
- d.- El motor del Molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Normal si la válvula solenoide está energizada FV (permisivo y enclavamiento).

5.- Equipo : Motor del molino SAG Modo Inching .

Condición del Enclavamiento.

- a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Inching si la presión para liberar el freno es baja PAL (permisivo y enclavamiento).

- b.- El motor del molino SAG no puede arrancar en modo Inching si la presión del acumulador del freno es baja PAL (permisivo).
- c.- El motor del molino no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de los ocho calibres del freno está cerrado ZLH (permisivo y enclavamiento).
- d.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Inching si la válvula solenoide está energizada FV (permisivo y enclavamiento).

6.- Equipo : Motor del Molino SAG Modo Creeping.

Condición del Enclavamiento.

- a.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Creeping si la presión hidráulica del freno del calibre 1 no es alta PSH (permisivo y enclavamiento).
- b.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Creeping si la presión hidráulica del freno Calibre 2 no es alta PSH (permisivo y enclavamiento).
- c.- El motor del molino SAG no puede arrancar ni funcionar en modo Creeping si la válvula solenoide SVC se energiza FV (permisivo y enclavamiento).
- d.- El motor del molino SAG no puede arrancar en modo Creeping si la presión del acumulador es baja PAL (permisivo).
- e.- El motor del molino no puede arrancar ni funcionar en modo Creeping si cualquiera de los ocho calibres del freno está abierto ZLH (permisivo y enclavamiento).

Nota : Ver grafico de la pagina siguiente.

4.2.5 ENCLAVAMIENTOS- BOMBAS DE SUMIDERO DE PISO

- 1.- Equipo : Bomba de Sumidero del Area de Molienda.

Condición del Enclavamiento.

- a.- La bomba de sumidero automáticamente arranca cuando el nivel es alto y se para cuando el nivel es bajo LCHL (enclavamiento).

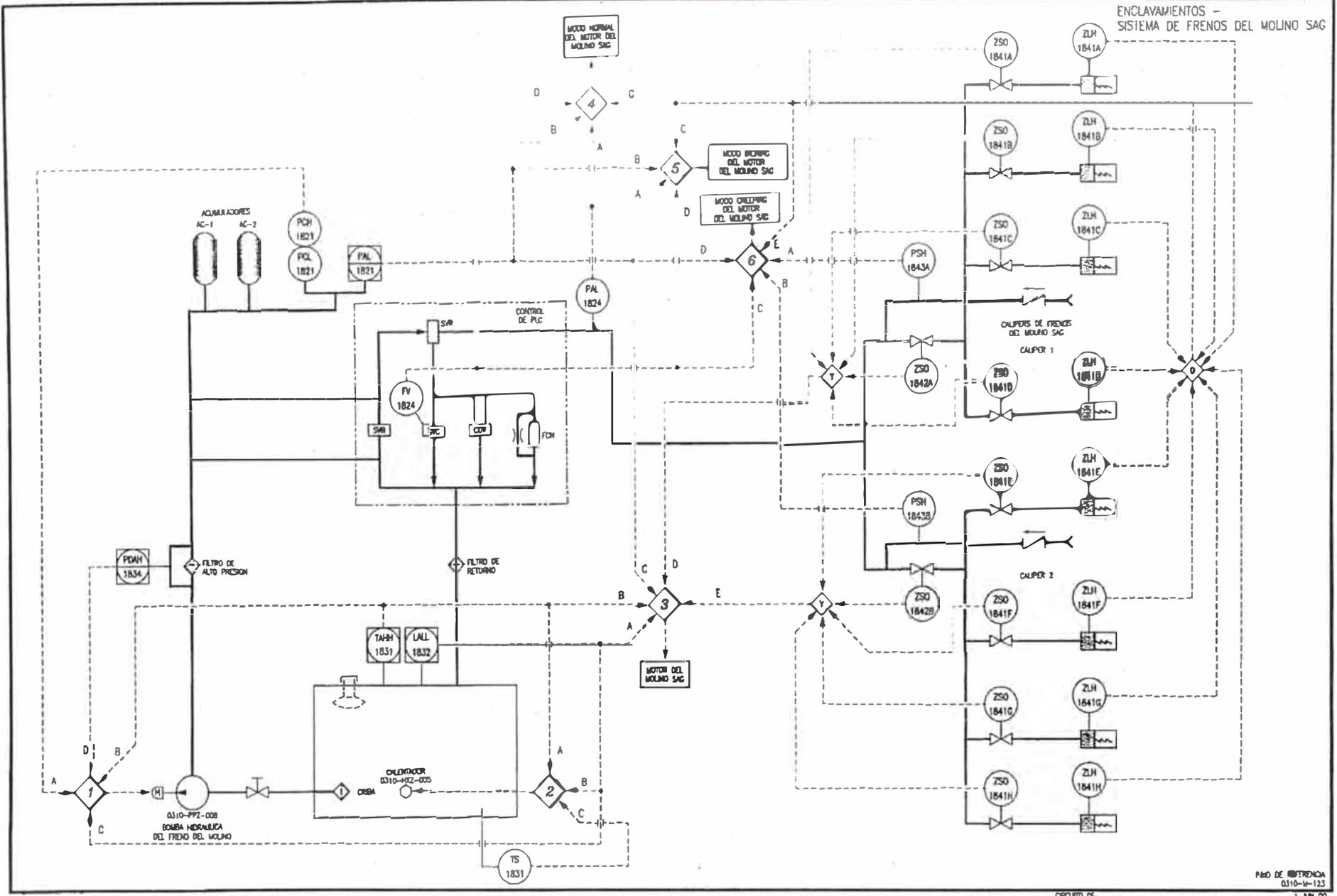
- 2.- Equipo : Válvula de Agua de Proceso HV.

Condición de Enclavamiento

- a.- La válvula se abre 15 segundos antes de que la bomba arranque y continúa abierta durante un minuto después que la bomba arranca (enclavamiento).

Nota : Se tienen dos bombas de sumidero

Ver gráficos N° 46 y 47.



P&ID DE REFERENCIA 0310-M-123 1 JUN 00

CIRCUITO DE

GRAFICO N° 46

ENCLAVAMIENTOS – BOMBAS DE SUMIDERO DE PISO

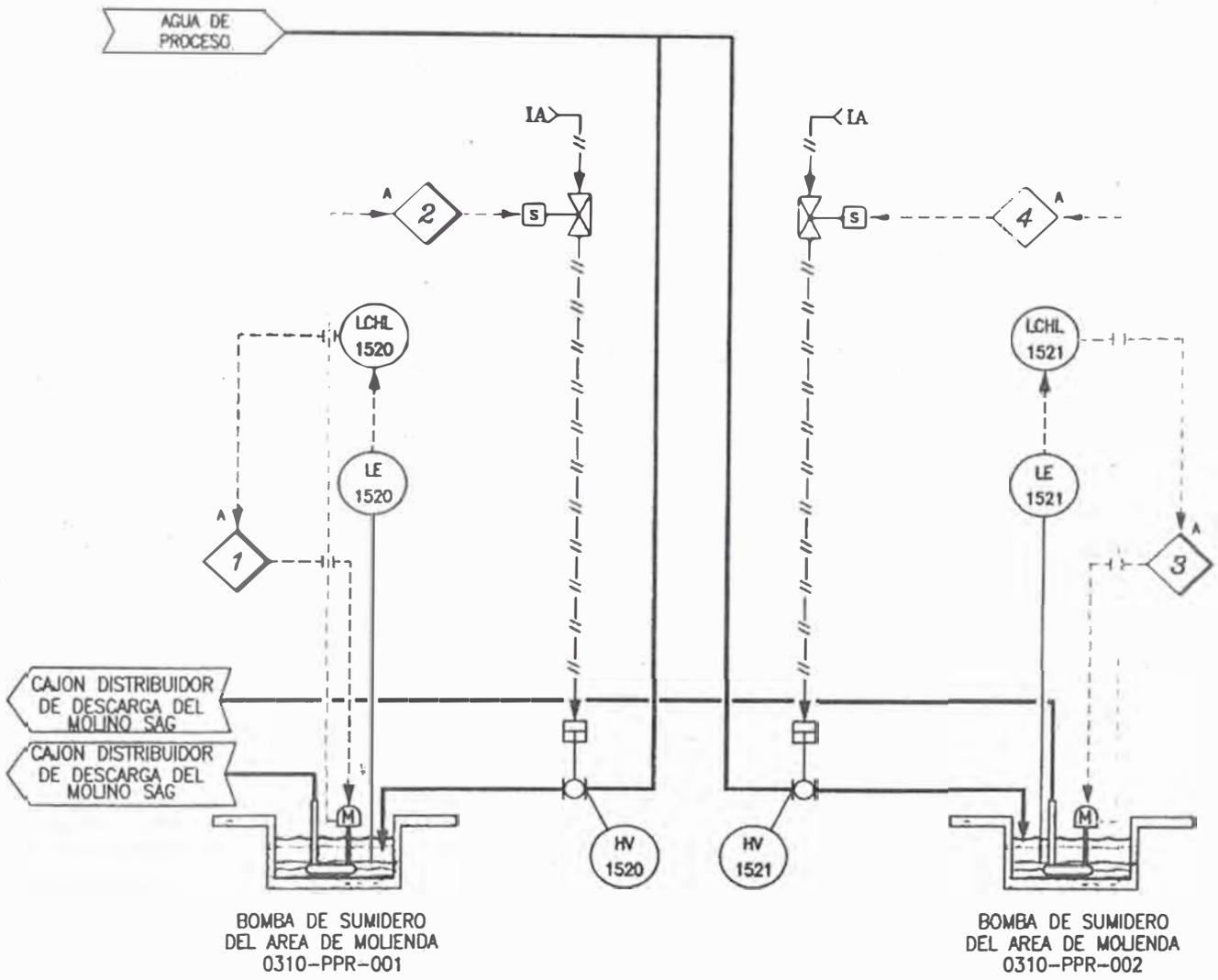


GRAFICO Nº 47

4.3 MOLIENDA EN EL MOLINO DE BOLAS Y CLASIFICACION

4.3.1 -ENCLAVAMIENTOS – MOLINO DE BOLAS

Tiene el mismo sistema que el molino SAG.

4.3.2 -ENCLAVAMIENTOS- ENFRIAMIENTO DEL MOTOR DE ANILLO Y DEL CICLOCONVERTIDOR.

Tiene el mismo sistema que el molino SAG

4.3.3 -ENCLAVAMIENTOS – SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOLINO DE BOLAS.

Tiene el mismo sistema que el molino SAG.

4.3.4 -ENCLAVAMIENTOS – SISTEMA DE FRENOS DEL MOLINO DE BOLAS.

Tiene el mismo sistema que el molino SAG.

4.3.5 -ENCLAVAMIENTOS- FAJA TRANSPORTADORA DE BOLAS AL MOLINO DE BOLAS

1.- Equipo : Faja de Transferencia de Bolas al Molino de Bolas.

Condiciones del Enclavamiento:

a.- La faja transportadora no puede arrancar ni funcionar si se ha activado cualquiera de los seis interruptores de los cables de parada de emergencia HS (permisivo y enclavamiento).

b.- La faja transportadora no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de los cuatro interruptores de desplazamiento lateral detecta un desplazamiento lateral ZSHH (permisivo y enclavamiento).

c.- La faja transportadora se detiene si el sensor de velocidad en la polea de cola detecta baja velocidad SSL (enclavamiento).

d.- La faja de transferencia no puede arrancar ni funcionar si la faja transportadora no está funcionando.(permisivo y enclavamiento).

e.- El motor de la faja transportadora no puede arrancar hasta que la bocina de advertencia de arranque se active por el tiempo predeterminado (permisivo).

2.- Equipo : Faja de Carga de Bolas al Molino de Bolas.

Condición de Enclavamiento.

a.- La faja no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de los seis interruptores de los cables de parada de emergencia se activan HS (permisivo y enclavamiento).

b.- La faja transportadora no puede arrancar ni funcionar si cualquiera de los cuatro interruptores de desplazamiento lateral detecta un desplazamiento ZSHH (permisivo y enclavamiento).

c.- La faja transportadora se detiene si el sensor de velocidad en la polea de cola detecta velocidad baja SSL (enclavamiento).

d.- El motor de la faja transportadora no puede arrancar hasta que la bocina de advertencia de arranque se active por el tiempo predeterminado (permisivo).

3.- Equipo : Válvula con Ranuras Separadoras HV- 4054

Condiciones de Enclavamiento.

a.- La válvula con ranuras separadoras está en la posición Open cuando el Molino de Bolas N° 1 esté funcionando (enclavamiento).

b.- La válvula con ranuras separadoras está en la posición Closed cuando el Molino de Bolas N° 1 no está funcionando.

4.- Equipo : Válvula con Ranura Separadora HV- 4055.

Condición de Enclavamiento:

Condición de Enclavamiento:

- a.- La válvula con ranura separadora se encuentra en posición Open cuando el Molino de Bolas N° 2 esté funcionando. (enclavamiento).
 - b.- La válvula con ranura separadora está en posición Closed cuando el Molino de Bolas N° 2 no está funcionando.
- 5.- Equipo : Alimentador Rotatorio de Bolas del Molino:

Condición de Enclavamiento:

- a.- El alimentador de bolas no puede arrancar ni funcionar a menos que la faja transportadora de transferencia esté funcionando (permisivo y enclavamiento).

Nota: Son dos alimentadores rotatorios.

Ver gráfico N° 48.

ENCLAVIADOS - FAJAS
TRANSPORTADORAS DE BOLAS
DEL MOLINO DE BOLAS

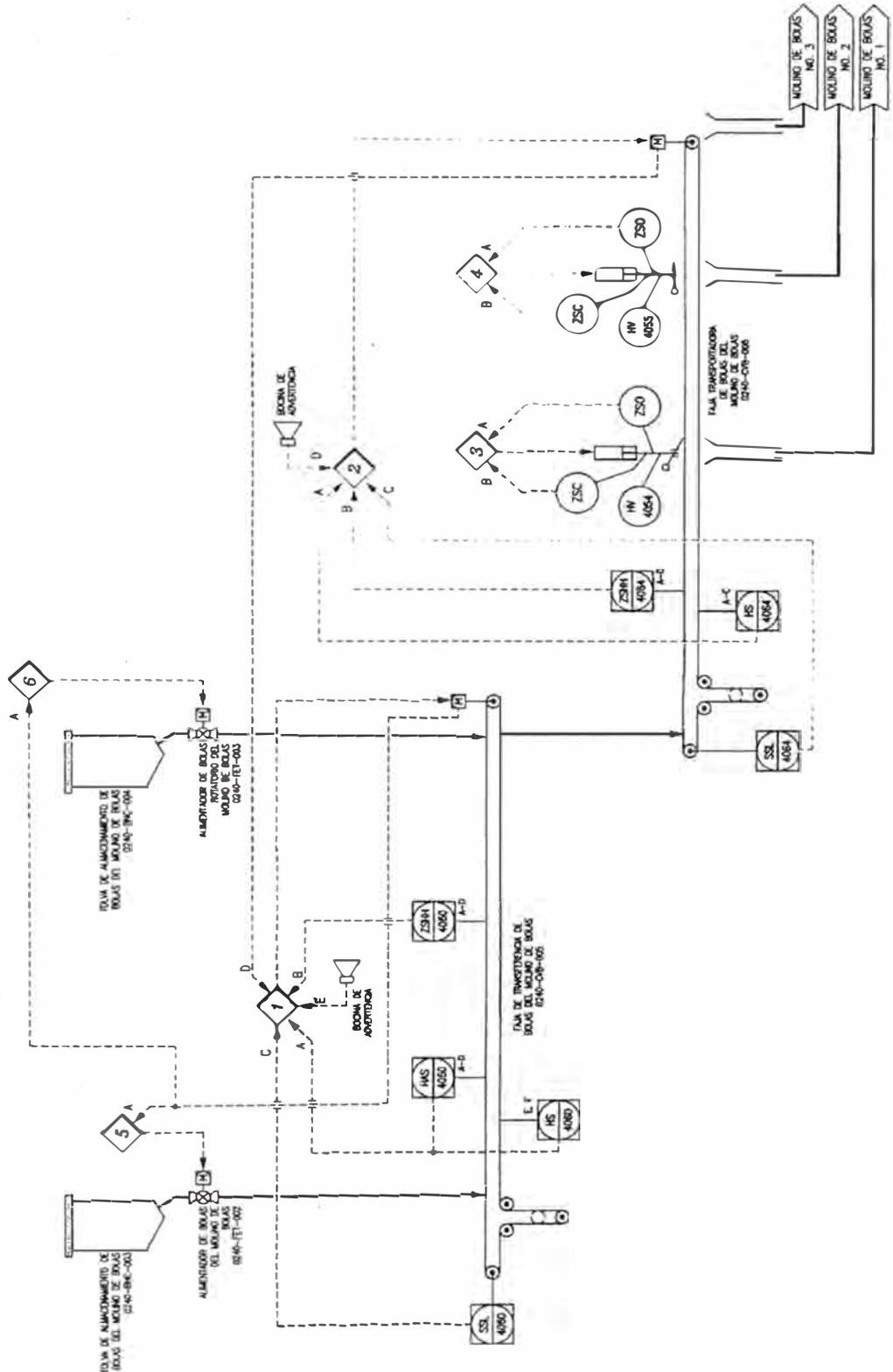


GRAFICO N° 48

4.3.6 ENCLAVAMIENTOS- BOBAS DE ALIMENTACIÓN A LOS CICLONES Y VÁLVULAS DE AGUA DE PROCESO

1.-Equipo: Bomba de Alimentación a Ciclones.

Condición de Enclavamiento:

a.- La bomba no puede arrancar ni funcionar si el flujo de agua de sello de la bomba es bajo FAL (permisivo y enclavamiento).

b.- La bomba no puede arrancar a menos que la válvula de aislamiento de la tubería de alimentación de succión esté abierta ZSO (permisivo).

c.- La bomba no puede arrancar a menos que las válvulas de drenaje de la tubería de sección ZSC y de descarga ZSC estén cerradas (permisivo).

d.- El motor de la bomba no puede arrancar ni funcionar si hay una desconexión del Multilin UA.

Los casos de desconexión del Multilin son los siguientes:

Temperaturas del cojinete interior o exterior del motor: alto-alto (TAHH)

Temperaturas del bobinado del motor alto-alto (TAHH).

Corriente del motor : alto-alto (IAHH).

(permisivo y enclavamiento).

e.- El motor de la bomba no puede arrancar si hay un problema del Multilin UA.

Los problemas del Multilin son los siguientes:

Temperaturas altas del cojinete interior o exterior del motor TAH

Temperaturas altas del bobinado del motor TAH.

(permisivo).

2.- Equipo : Válvula de Aislamiento a la Tubería de Alimentación HV de la bomba de Alimentación a Ciclones.

Condición de Enclavamiento:

a.- La válvula de aislamiento se cierra automáticamente cuando el motor de la bomba de alimentación a ciclones se para. (Enclavamiento).

3.- Equipo : Válvula de Aislamiento de Drenaje de la Tubería de Alimentación HV de la Bomba de Alimentación a Ciclones.

Condición de Enclavamiento:

a.- La válvula de aislamiento se abre automáticamente cuando el motor de la bomba de alimentación a los ciclones se para. (Enclavamiento).

4.- Equipo : Válvula de Adición de Agua de Proceso al Cajón de Bombas de Alimentación a los Ciclones HV.

Condición del Enclavamiento:

a.- La válvula se abre 10 segundos antes de que la bomba arranque y se cierra 30 segundos después que la bomba se pare. (enclavamiento).

5.- Equipo : Válvula de Flujo de Agua de Sello FV.

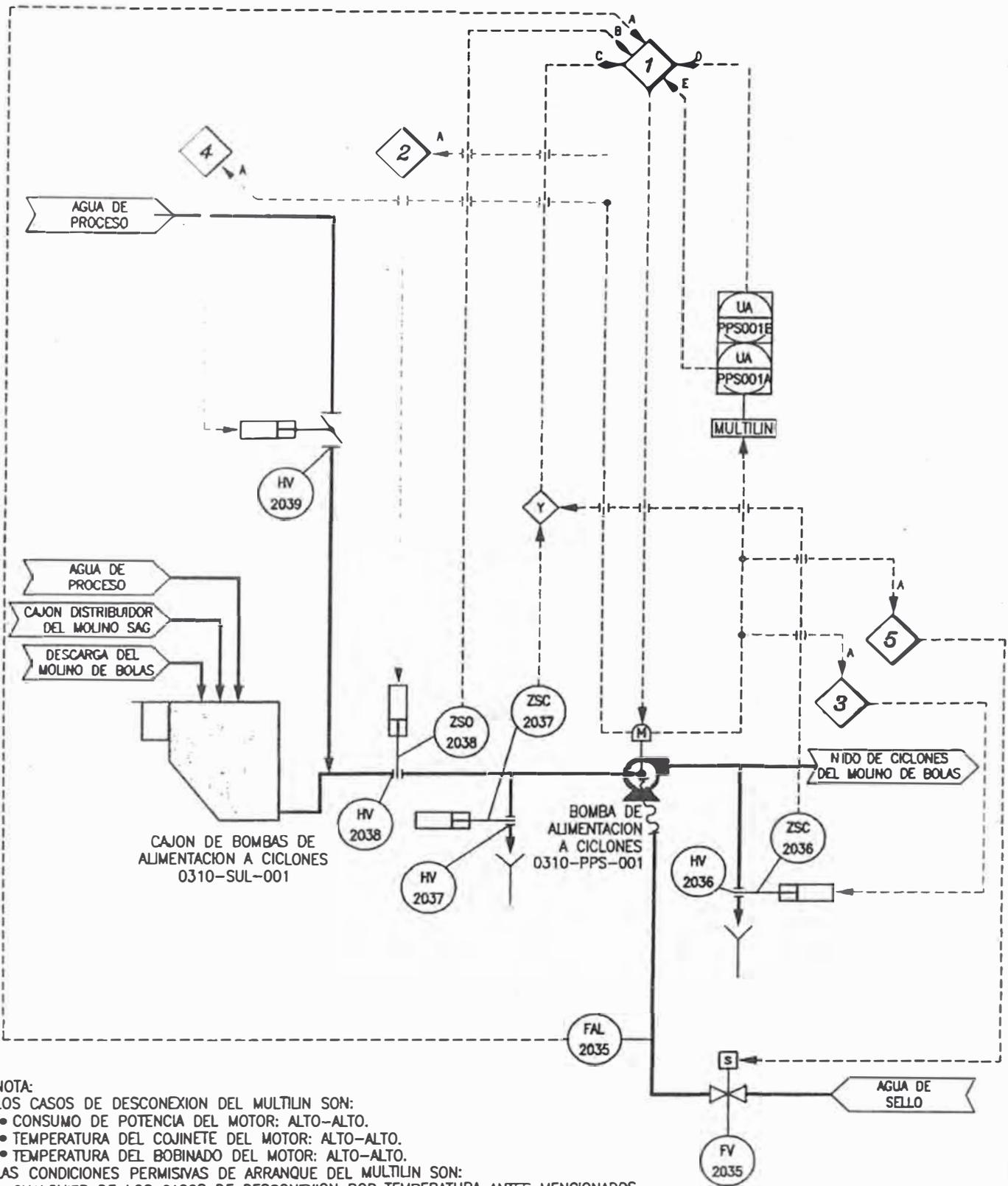
Condición del Enclavamiento:

a.- La válvula se abre 20 segundos antes que la bomba arranque y se cierra 10 segundos después que la bomba se cierra. (enclavamiento).

NOTA: Existen tres bombas de alimentación a los ciclones, y sus enclavamientos son similares.

Ver gráfico N° 49.

ENCLAVAMIENTOS
BOMBAS DE ALIMENTACION A LOS
CICLONES Y VALVULAS DE
AGUA DE PROCESO



NOTA:

LOS CASOS DE DESCONEXION DEL MULTILIN SON:

- CONSUMO DE POTENCIA DEL MOTOR: ALTO-ALTO.
- TEMPERATURA DEL COJINETE DEL MOTOR: ALTO-ALTO.
- TEMPERATURA DEL BOBINADO DEL MOTOR: ALTO-ALTO.

LAS CONDICIONES PERMISIVAS DE ARRANQUE DEL MULTILIN SON:

- CUALQUIER DE LOS CASOS DE DESCONEXION POR TEMPERATURA ANTES MENCIONADOS.
- TEMPERATURA DEL COJINETE DEL MOTOR ALTA.
- TEMPERATURA DEL BOBINADO DEL MOTOR ALTA.

MOLIENDA



NIDO DE CICLONES



FLOTACION



BARCAZAS EN LA PRESA DE RELAVES



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al arrancar por primera vez una planta de molienda SAG, es recomendable que el molino SAG inicie su operación sin bolas; ya que una demora en la llegada de mineral al molino, podría ocasionar gran daño en los revestimientos, en las bolas mismas y también un posible daño estructural del molino.

Otra de las razones, para que el molino SAG inicie su operación sin bolas, es el rodaje que se debe dar a la máquina, estos equipos de gran peso, ejercen una muy alta presión en los descansos principales, para lo cual se recomienda cargarle con peso en forma gradual hasta llegar a su carga normal de trabajo.

- La ventaja de tener el molino SAG y los molinos de bolas con velocidad variable es para estabilizar la presión de aceite en los descansos principales, el torque o potencia consumida por el motor del molino, según el tonelaje que se está tratando.

- Los lazos de control son una forma efectiva para controlar una variable del proceso como temperatura, flujo, presión o densidad, esto en combinación con instrumentos.

- La forma más segura y efectiva para operar los motores y/o equipos es mediante el sistema de enclavamientos.

- La buena comunicación y coordinación entre el campo y la sala de control, hacen de una operación fluida y eficiente.

- Se debe tener en cuenta que conforme cambia una variable de operación, esta directamente afecta a otras variables de operación. Así en el caso del medidor de impactos del molino SAG variará con las variables de velocidad, consumo de potencia del molino SAG, porcentaje de sólidos de la pulpa del molino, etc.

- Los datos que registran los controladores indicadores de las diferentes variables, se deben calibrar periódicamente, ya que datos erróneos daría como consecuencia una mala operación.

BIBLIOGRAFÍA

- MOLIENDA SAG FFE MINERAL
- INFORME OPERACIONAL COLLAHUASI
- MANUAL DE OPERACIONES PERFORMANCE ASSOCIATES