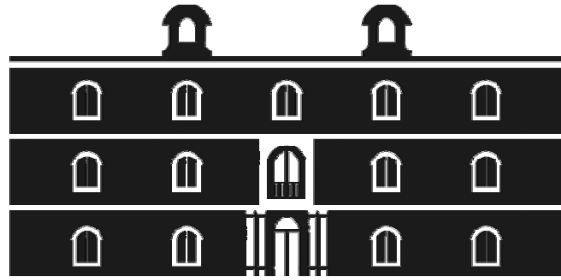




Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

*Planificación del
Mantenimiento de un Molino
de Rodillos en una Industria
dedicada la Fabricación de
Carbonato de Estroncio.*

Titulación: Ingeniería Automática y
Electrónica Industrial

Alumno/a: Diego M. César Pleguezuelos
Director/a/s: Jose Luis Aguirre Martinez

Cartagena, 18 de Junio de 2013

INDICE

Capítulo 0. Introducción

- 0.1 Antecedentes
- 0.2 Objetivos

Capítulo 1. Molino Vertical de Rodillos

- 1.1 Introducción
- 1.2 Principio de funcionamiento

Capítulo 2. Descripción de la Instalación Eléctrica

- 2.1 Introducción
- 2.2 Instalación eléctrica de MT
- 2.3 Instalación eléctrica de BT

Capítulo 3. Descripción de la Instrumentación usada en la Unidad de Molienda

- 3.1 Introducción a la instrumentación
- 3.2 Introducción de medidas de Nivel
- 3.3 Introducción de medidas de Caudal
- 3.4 Introducción de medidas de Temperatura
- 3.5 Introducción de medidas de Presión
- 3.6 Introducción de medidas de Peso
- 3.7 Introducción de medidas de Vibración

Capítulo 4. Sistemas de Control y Comunicaciones de la Unidad de Molienda

- 4.1 Introducción
- 4.2 Descripción del Sistema de Control
- 4.3 Comunicaciones
- 4.4 Lazos de Control
- 4.5 Sistema de Emergencia ESD
- 4.6 Sistema de Supervisión Instalado
- 4.7 Sinópticos
- 4.8 Filosofía de Control

Capítulo 5. Descripción de los Sistemas Mecánicos de la Unidad de Molienda

- 5.1 Cintas Transportadoras
- 5.2 Sin-Fin
- 5.3 Elevadoras de Cangilones
- 5.4 Alveolares
- 5.5 Filtros de Mangas
- 5.6 Separador de Metales
- 5.7 Detector de Metales
- 5.8 Reductora
- 5.9 Ventilador
- 5.10 Dampers
- 5.11 Vejigas de Nitrógeno
- 5.12 Cabina Hidráulica

Capítulo 6. Generalidades sobre el Mantenimiento de una Planta Industrial

- 6.1 Introducción
- 6.2 Tipos de Mantenimiento
- 6.3 Mantenimiento Correctivo
- 6.4 Mantenimiento Preventivo
 - 6.4.1 Mantenimiento Sistemático
 - 6.4.2 Gamas de Preventivo
 - 6.4.3 Engrase
- 6.5 Mantenimiento Predictivo
 - 6.5.1 Análisis de Vibraciones
 - 6.5.2 Análisis por Termografía
 - 6.5.3 Análisis por Ultrasonidos
 - 6.5.4 Análisis por Estetoscopio
 - 6.5.5 Análisis de Aceite
- 6.6 Conceptos asociados al Mantenimiento. Fiabilidad.
- 6.7 Conceptos asociados al Mantenimiento. Mantenibilidad
- 6.8 Conceptos asociados al Mantenimiento. Disponibilidad
- 6.9 Planificación del Mantenimiento Industrial
 - 6.9.1 Introducción
 - 6.9.2 Política de Mto. Preventivo y Correctivo
 - 6.9.3 Plan de Mantenimiento

Capítulo 7. Plan Desarrollado para el Mantenimiento en el Molino de Rodillos

- 7.1 Antecedentes.
- 7.2 Introducción al nuevo Plan de Mantenimiento
- 7.3 Mantenimiento Preventivo Equipos de Molienda.
- 7.4 Engrase.
- 7.5 Procedimientos de Calibración de Instrumentación.
- 7.6 Hojas de Calibración Instrumentos.
- 7.7 Procedimientos de Trabajo Mecánicos.
- 7.8 Procedimientos de Trabajo Eléctricos.
- 7.9 Ensayos Eléctricos

Capítulo 8. Conclusiones

Capítulo 0: Introducción

1.1 Antecedentes

Planta de Molienda de Sulfato de Estroncio donde casi no existe un plan de mantenimiento.

1.2 Objetivos

La realización de un plan de mantenimiento y su puesta en práctica.

Se iniciará con una descripción del funcionamiento de un molino vertical de rodillos y su principio de funcionamiento.

Se describirán los diferentes equipos que lo componen, de instrumentación, eléctrica, control y mecánicamente.

Descripción de las generalidades del Mantenimiento.

Para finalmente, desarrollar un plan de mantenimiento preventivo mecánico, con su ruta de engrase, hojas de calibración de instrumentación y los procedimientos de trabajos mecánicos, eléctricos y de calibración de instrumentos.

Capítulo 1: Molino Vertical de Rodillos

1.1 Introducción

Este tipo de molinos, derivados del término inglés 'roller mills', ofrece la ambigüedad de que no siempre son rodillos los que actúan como cuerpos moledores, puesto que dentro de este grupo se incluyen molinos que funcionan con bolas en vez de con rodillos.

La definición que da la norma alemana DIN 24100 en la parte 2 "trituration primaria": "denominación de maquinaria" es la siguiente: "Máquina con pista de molienda circular. Sobre ella se mueven los cuerpos moledores (rodillos o bolas). Los cuerpos moledores presionan por su propio peso, por fuerza centrífuga, por resortes o por sistemas hidráulicos o neumáticos a la pista de molienda. Se pueden accionar tanto las pistas como los cuerpos moledores".

El origen del molino de rodillos hay que verlo en el molino de muelas verticales, ya utilizado en la antigüedad, en el cual los cuerpos moledores eran piedras unidas entre sí y colocadas sobre una pista circular. Las piedras molían por su propio peso. En la mayoría de los casos se utilizaban para moler trigo, pero también olivas y es muy probable que también se llegara a moler minerales.

Los molinos de rodillos tradicionalmente suelen ser molinos de barrido por aire y normalmente tienen en su interior separadores de aire, por tanto son utilizados para moler muy fino en circuito cerrado secando simultáneamente el material (Molinos secaderos).

Entre los materiales que se pueden moler con este tipo de molinos pueden citarse los siguientes: caliza, cal calcinada, talco, bauxita, magnesita, fosfatos, feldespato, baritas y otros como carbón, grafito y hasta pellets de turba. Desde hace algunos años también se utilizan para la molienda de materiales muy duros y porosos y a la vez abrasivos, como son las escorias y el clinker.

Su desarrollo industrial empezó a comienzos del siglo XX en Estados Unidos con los molinos de rodillos de resortes. Su utilización en la industria del cemento presenta una tendencia creciente por distintas razones entre las que pueden señalarse las siguientes:

- 1.-La elevación del coste de la energía, que ha inducido a las empresas a reconsiderar sus tradicionales procesos de fabricación, obligándolas a aplicar aquellos que aseguren una mayor rentabilidad.

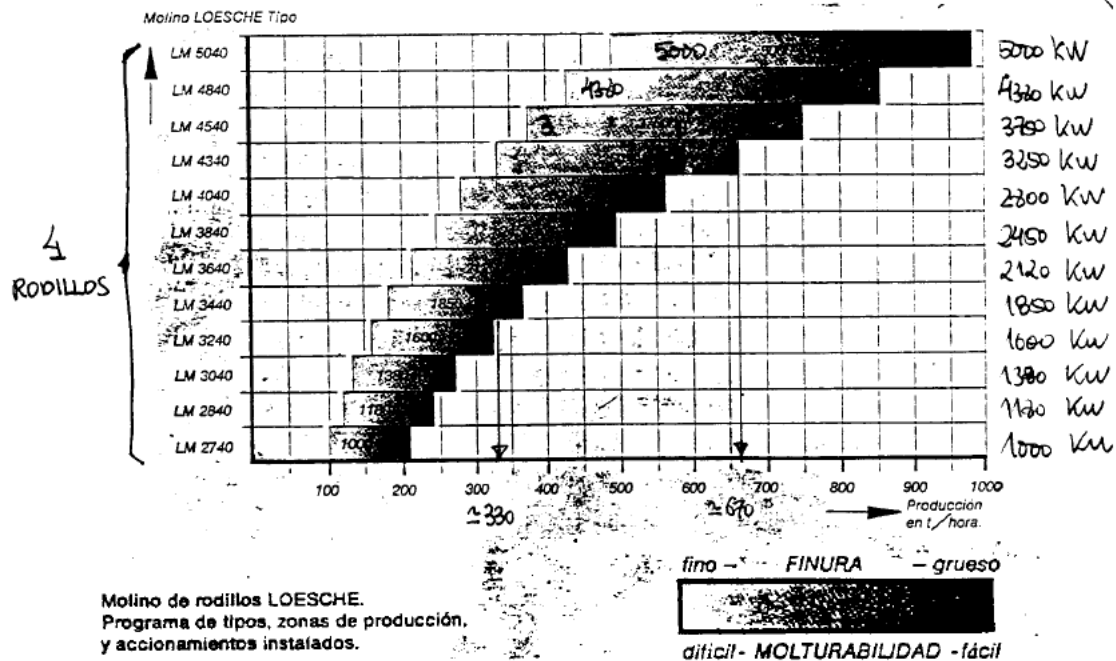
2.-La evolución de la industria del cemento hacia plantas de grandes capacidades de producción, merced al desarrollo de los sistemas de precalcinación y de los intercambiadores de calor, lo que ha obligado a buscar los molinos más adecuados para dichas producciones. La tendencia general hacia los molinos verticales se hizo evidente en el momento en que la industria del cemento evolucionó hacia plantas cada vez más grandes y de mayor capacidad de producción. Hoy en día, hornos con capacidades de hasta 10000 t/día son alimentados por molinos de rodillos.

3.-Los molinos de rodillos reducen las inversiones necesarias para proteger el medio ambiente, ante las legislaciones cada vez más severas que imponen todos los países.

4.-El grado de automatización que se alcanza es mayor que con los molinos de bolas, permitiendo reducir el coste de la mano de obra.

El crecimiento en el tamaño y capacidad de producción de los hornos ha ido acompañado por un crecimiento similar en los molinos de rodillos verticales. En la figura puede verse la capacidad de producción de los distintos tipos de molinos LOESCHE, en función de la molturabilidad del material y de la finura deseada.

Para determinar el tipo y tamaño de molino deberán tenerse en cuenta: el esfuerzo de molienda necesario (función del índice de molturabilidad), la producción y finura deseadas, así como el volumen de gases que pasarán por el molino y la humedad del crudo.



Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

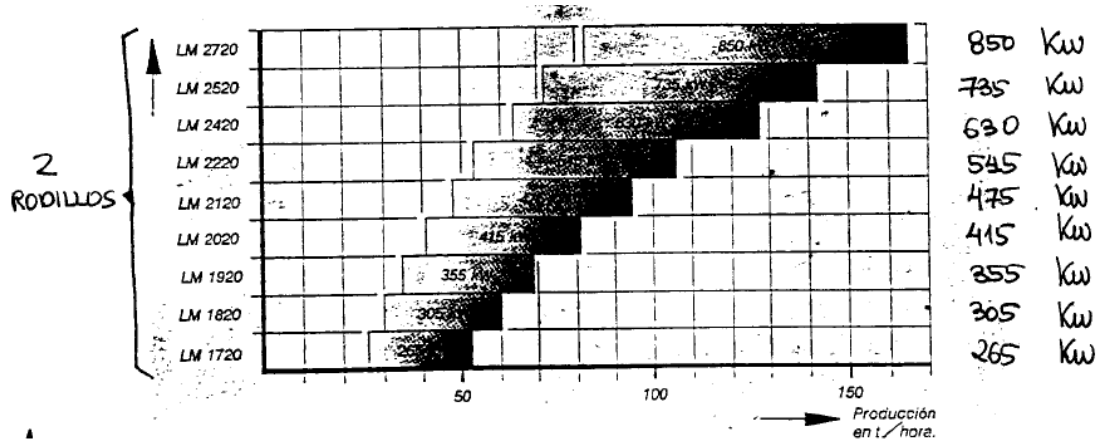
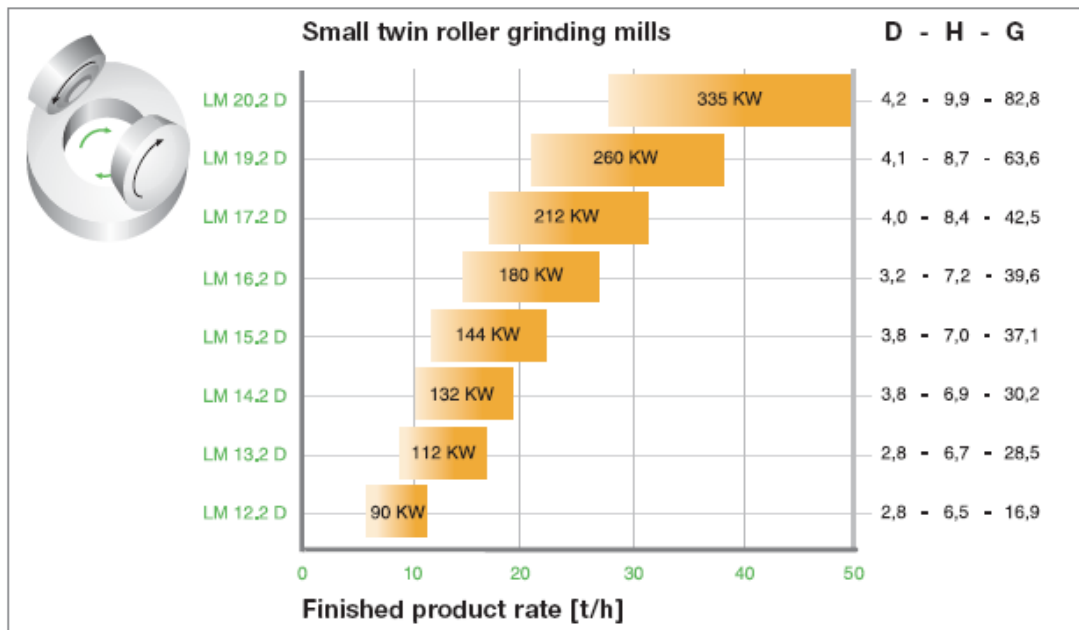


Fig. Capacidad de producción de los molinos LOESCHE, en función de la molidurabilidad del material y de la finura deseada.



Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

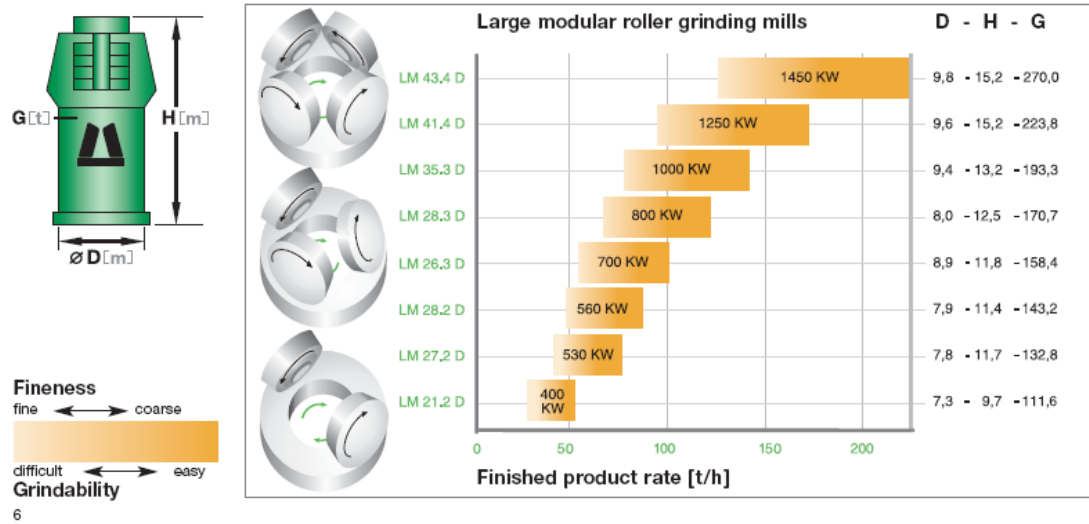


Fig. Capacidad de producción en Tn/h en función del tipo de molino y potencia.

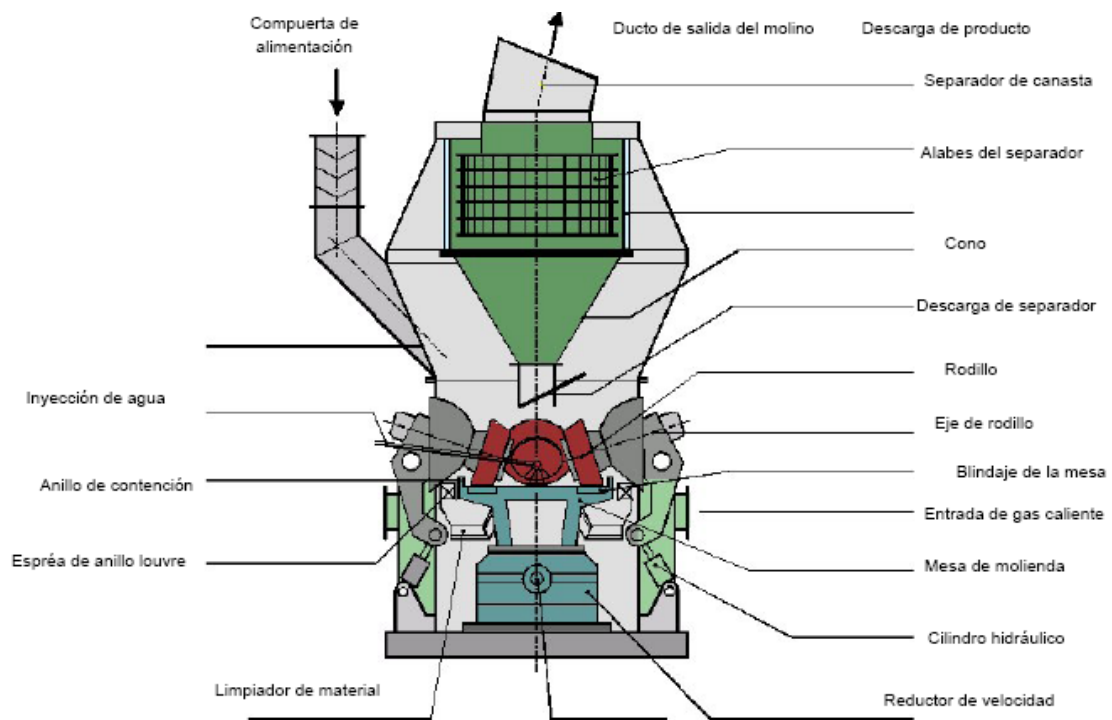


Fig. Enumeración partes de un molino Loesche.

1.2 Principio de Funcionamiento

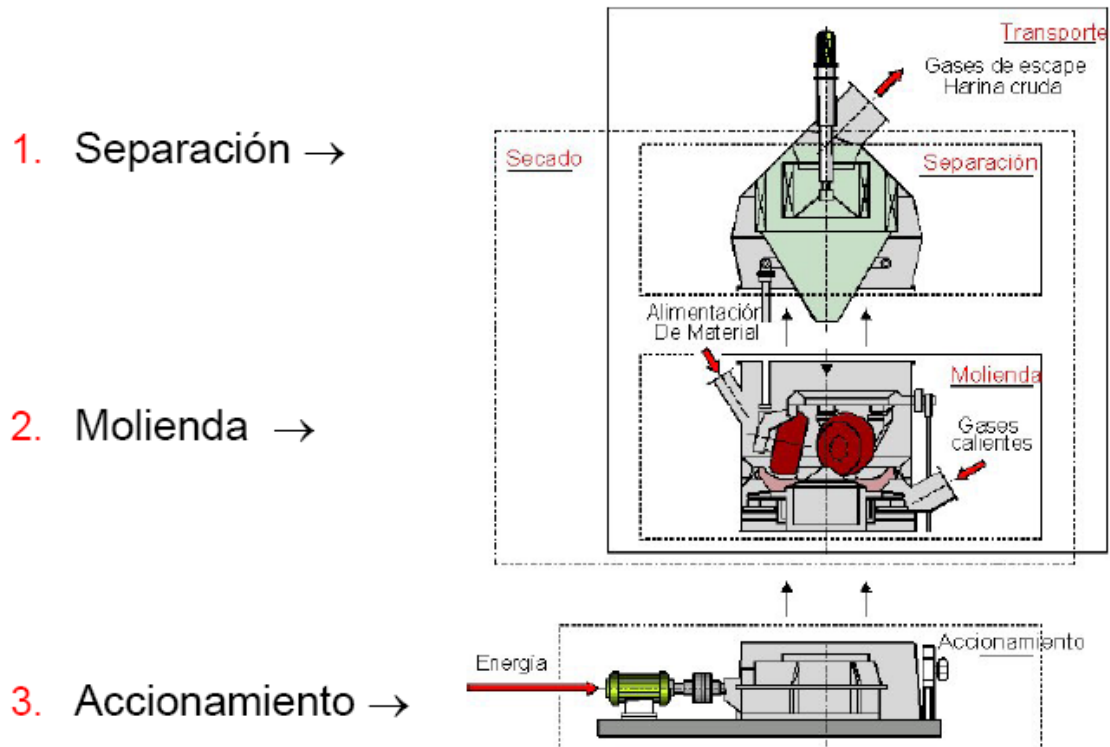
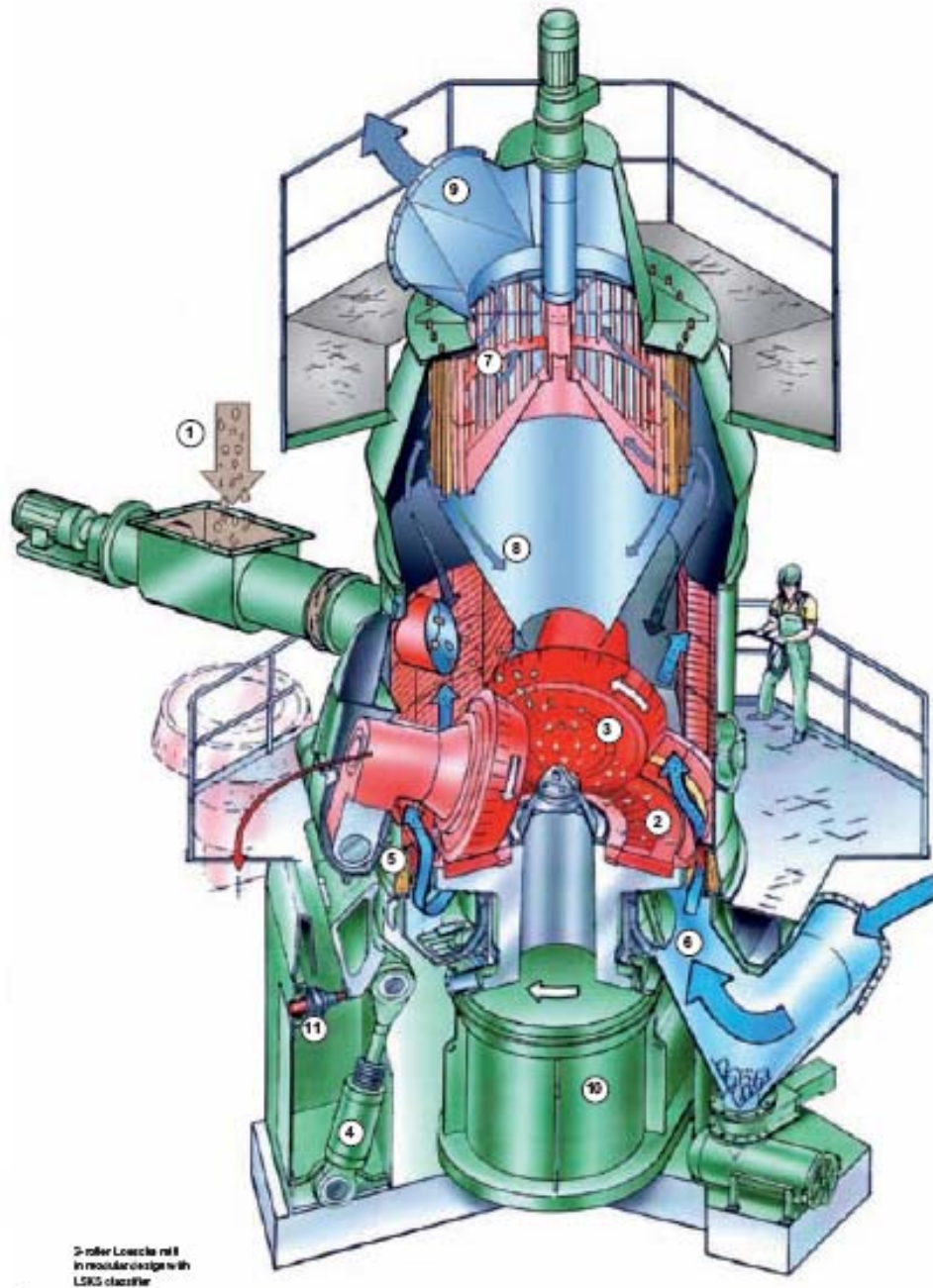


Fig. Secciones de un Molino Vertical de rodillos

En la figura puede verse una representación esquemática de este tipo de molino, con un separador de aire integrado.

El principio de trabajo de este tipo de molinos se basa en unos rodillos (o bien otros cuerpos molidores comparables) que se mueven en una trayectoria circular y girando alrededor de su eje, sobre un lecho de material de alimentación situado sobre una placa, pista o bandeja de molienda horizontal giratoria.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.



Funcionamiento del molino:

El principio de trabajo de este tipo de molinos se basa en unos rodillos (o bien otros cuerpos moledores comparables) que se mueven en una trayectoria circular y girando alrededor de su eje, sobre un lecho de material de alimentación situado sobre una placa, pista o bandeja de molienda horizontal giratoria.

La materia prima se introduce a través de un alimentador rotativo "1" y desciende a través de una resbaladera al centro de la mesa de molienda "2". Las partículas ferrosas se separaron magnéticamente antes de alcanzar el alimentador rotativo. Un detector de metales actúa de forma similar y garantiza la separación de las partículas metálicas no magnéticas.

El material a moler se desplaza sobre la pista de molienda hacia el borde del plato bajo el efecto de la fuerza centrífuga y, de esta manera, pasa bajo los rodillos "3" de molienda accionados por resorte hidroneumático "4". El material a moler que ha sido llevado hasta allí es molido en el lecho de material entre los rodillos y la pista de molienda. Los rodillos "3" se desplazan hacia arriba a medida que ruedan sobre el lecho de material "2".

Como resultado, la unidad funcional formada por el balancín "5", el eje y los pistones del cilindro neumático se mueve. El pistón desplaza el aceite hidráulico del cilindro al acumulador de vejiga lleno de gas. Las vejigas de goma llenas de nitrógeno de los acumuladores se comprimen y actúan como resortes de gas. Los resortes de gas pueden regularse para que resulten más duros o más blandos, seleccionando la presión de gas en relación con la presión hidráulica de trabajo, dependiendo del comportamiento del material a moler.

El material molido es sometido a la fuerza centrífuga y sale despedido por la rotación hacia fuera para colocarse sobre el borde del plato de molienda. En la corona de alabes "7" que rodea al plato de molienda, la corriente de gas caliente dirigida hacia arriba captura la mezcla de material molido y de material que aún no está completamente molido y la transporta hacia el clasificador "7".

El clasificador, dependiendo de sus ajustes, rechazará el material grueso. Éste caerá en el cono interno de rechazos "8" hacia el plato de molienda para volver a ser molido.

El material totalmente molido para el clasificador y abandona el molino con la corriente de gas "9".

La mesa de molienda es accionada a través de un motor eléctrico a través de un acoplamiento flexible y del reductor de ejes perpendiculares. Un cojinete de segmentos de empuje colocado en la parte superior de la caja de engranajes absorbe las fuerzas de molienda.

Los rodillos son elevados hidráulicamente desde la pista de molienda antes de poner en marcha el motor del molino. De este modo, el molino se puede arrancar en vacío o parcialmente lleno con un par de arranque bajo. El contacto metálico de las piezas de molienda en un molino vacío o cargado se evita gracias a la elevación automática de los rodillos a través del control de altura.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

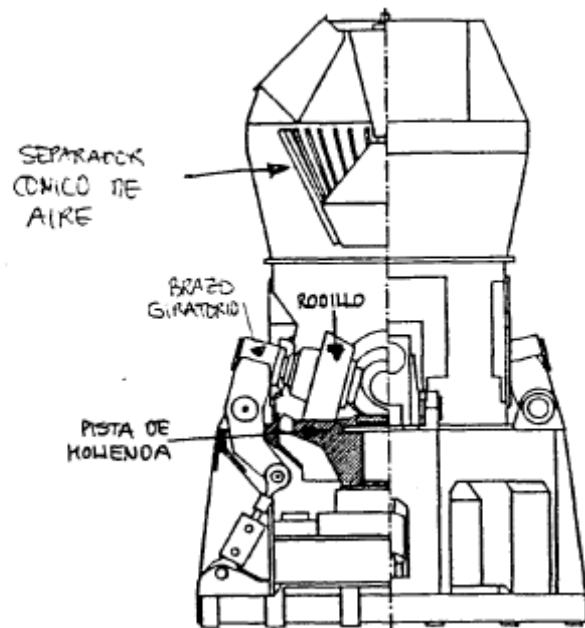


Fig. Molino de Loesche de rodillos y separador cónico

Clasificación:

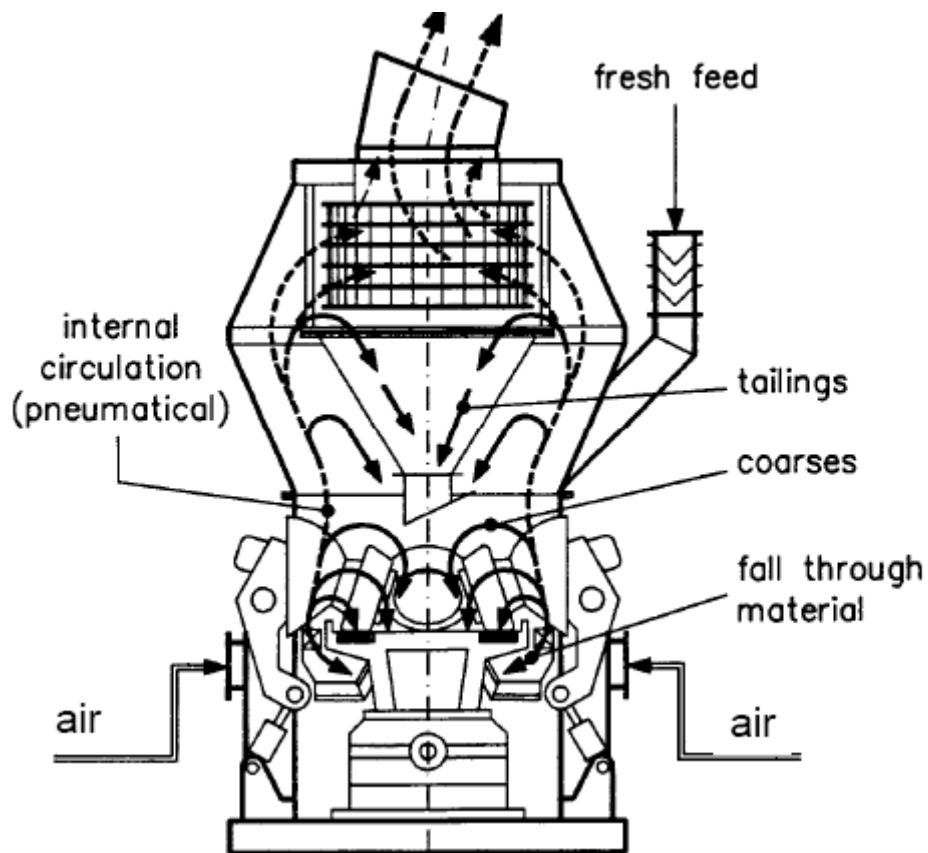


Fig. Flujo de aire dentro del Molino Vertical

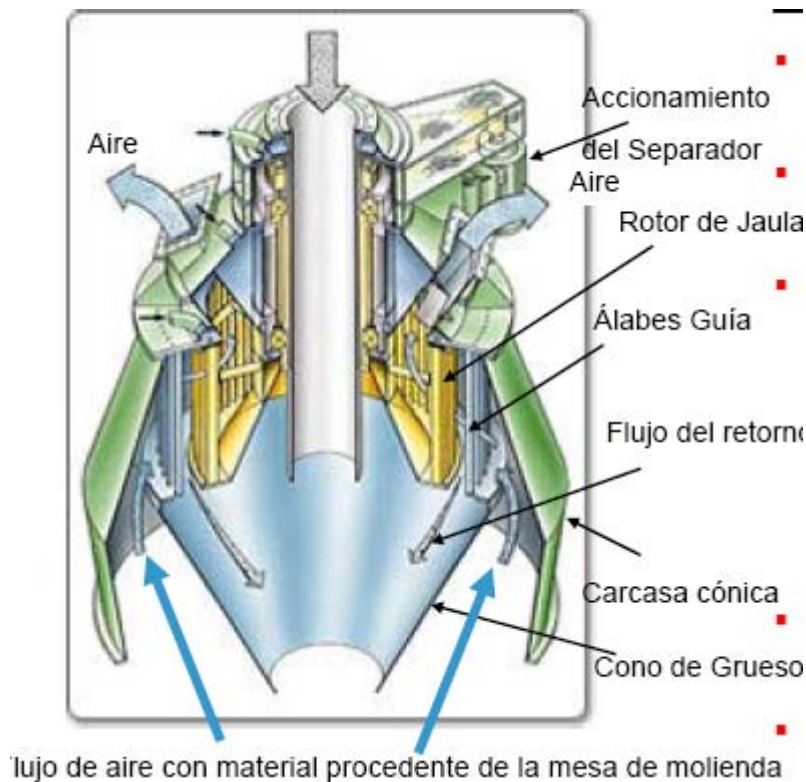
El material entra en el separador por la parte inferior.

La corriente de aire se genera mediante un ventilador exterior

El material cae entre el rotor y los álabes guía. Los finos son aspirados. Las partículas gruesas son aceleradas por el rotor y detenidas por los álabes guía, donde resbalan saliendo del cono de gruesos por la parte inferior y cayendo de nuevo en la mesa de molienda

El material fino sale con el flujo de aire por la parte superior de la carcasa.

La finura del producto se ajusta mediante la velocidad rotacional del rotor.



Se realiza en el modo de barrido por aire. La clasificación directa tras realizar el proceso de molienda elimina el riesgo de sobremolienda del producto.

El método de barrido por aire combina las funciones de molienda y clasificación en una sola unidad. El caudal de aire eleva el material de la cámara de molienda hasta el clasificador. El clasificador situado sobre la cámara de molienda, el material molido conforme a las especificaciones establecidas, se separa de las partículas más gruesas que pueden volver a

caer al plato de molienda para ser molidas de nuevo, o ser extraídas para su posterior tratamiento.

El clasificador de rotor permite una distribución del grano en anchos de banda estrechos y anchos. Mediante la modificación de los parámetros de ajuste del proceso y gracias a los adecuados componentes de clasificación integrados.

El flujo de gas/partículas que asciende desde el molino se dirige mediante un dispositivo distribuidor estático de paletas guía hasta la cámara de clasificación. La mezcla de gas/sólidos fluye, dependiendo de la posición de las paletas, directamente al espacio entre el dispositivo de guía estático y el rotor concéntrico de paletas.

El rotor al girar acelera la mezcla gas/sólidos de modo tangencial. La fuerza centrífuga que se produce en este proceso expulsa los tamaños de partícula demasiado gruesos.

La velocidad del rotor, el flujo de gases y su dirección determinan el tamaño de granulometría deseado.

Una particularidad de este tipo de separación es la continua reclasificación de los flujos de partículas rechazadas por el rotor. Cuando estas salen despedidas hacia fuera por la fuerza centrífuga en la abertura circular, vuelven a ser dirigidas por la corriente de gas hacia arriba y hacia dentro. De este modo, las partículas se desaglomeran más fácilmente, de modo que siguen el caudal del producto como granos individuales y no vuelven a caer al plato de molienda como grano de aparente mayor tamaño.

El material pulverizado, luego de pasar por debajo de los rodillos, por efecto de la fuerza centrífuga es lanzado hacia la periferia de la pista de molienda por donde se derrama. A continuación el material es recogido por la corriente ascendente de gas es (aire), que penetra en la cámara de molienda por una corona de alabes y que circula a gran velocidad, de modo que las partículas finas son arrastradas hacia el clasificador. La aspiración se realiza mediante una soplante o ventilador de forma que todo el circuito trabaja en depresión.

Las partículas gruesas, que no son capaces de ser arrastradas por la corriente de gas, caen a través del anillo de toberas a un anillo de descarga, que gira con el plato de molienda y llega por una resbaladera de evacuación lateral a un medio de transporte, por ejemplo, un elevador de cangilones, que lo devuelve al molino con o sin separación intermedia. La velocidad del gas en el anillo de toberas se ajusta de manera que no todo el material que cae del plato sea arrastrado por la corriente de gas al separador. Este es el efecto de clasificación preliminar, que se distingue de la separación final que se cumple en el clasificador situado en lo alto de la caja del molino.

El material que es arrastrado por la corriente de gas va hacia el separador situado directamente encima del recinto de molienda, donde se

clasifica. Las partículas mayores separadas por el clasificador vuelven a la pista de molienda y las finas van con la corriente de aire de donde son separadas mediante ciclones o filtros.

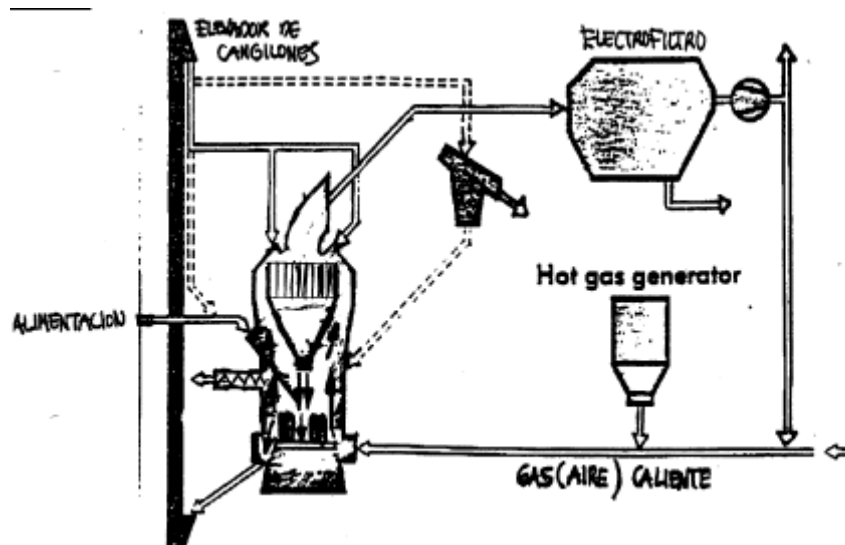


Fig. Esquemático Planta de Molienda

Como el transporte neumático exige una cantidad considerable de gases y como además estos están en íntimo contacto con el material molido, los molinos verticales de rodillos resultan especialmente adecuados para la molienda conjunta con el secado.

Debido al corto tiempo de permanencia del material de alimentación en la cámara de molienda, comparado con el se da en los molinos tubulares, el lecho de material se mantiene sustancialmente libre de partículas finas que no exigen una molienda posterior, cargando sin necesidad el molino y con tendencia a la formación de aglomeraciones indeseables.

La corriente de aire cargada de material entra por debajo y se distribuye lateralmente por deflexión por la parte inferior del separador. Las aletas rotativas aceleran la rotación de la corriente de aire, la cual ya de por si tiene un movimiento en espiral desde el momento que entra en la caja del separador. El aire es succionado por las rendijas entre las aletas del rotor.

Las partículas pesadas (por ejemplo, aquellas en que la resultante de la fuerza centrífuga y del peso prevalece sobre la fuerza que sobre ellas ejerce la corriente de aire son proyectadas hacia fuera contra las paredes del separador, volviendo de nuevo al molino (Residuos). Las partículas finas son arrastradas por el aire y llevadas fuera del separador, siendo a continuación separadas de la corriente de aire mediante ciclones o filtros.

Debido a su capacidad para recibir grandes cantidades de aire el separador con rotor de aletas se usa, generalmente, en conjunción con molinos de barrido por aire y muy particularmente con los molinos de rodillos, en cuyo

caso el separador forma un solo cuerpo con la caja del molino, que se prolonga hacia arriba. Como alternativa, el aire cargado de material procedente del molino entra en el separador por medio de un tubo ascendente, que también puede servir como mecanismo independiente para separación en corriente de aire de partículas de cualquier clase.

Para un régimen constante de flujo de aire, el rendimiento de este tipo de separadores puede modificarse variando la velocidad de rotación del rotor.

Principios básicos de Separación

Las partículas se aceleran mediante un vórtice o un dispositivo de rotación en la dirección de las paredes del separador (F_z).

Las partículas grandes chocan contra la pared o los álabes guía y resbalan hacia abajo dado que son muy pesadas para ser transportados por la corriente de aire.

Las partículas pequeñas y ligeras salen con la corriente de aire del separador (F_L) suministrada mediante un ventilador interno (separadores viejos) o externo. La fuerza centrífuga es menor que el impulso de la corriente de aire.

Los cambios en el flujo de aire o en la velocidad del distribuidor (rotor) (mayor fuerza centrífuga) consiguen diferentes finuras.

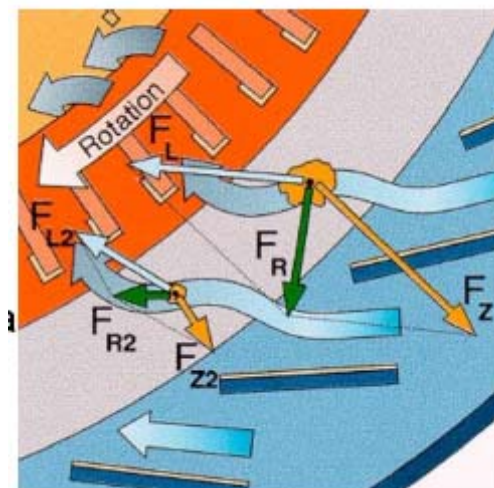


Fig. Fuerzas en el separador de jaula



Fig. Clasificador

Accionamiento:

Como accionamiento se utiliza un motor eléctrico. Dicho motor acciona un engranaje planetario con un piñón cónico. El eje del accionamiento descansa horizontalmente, mientras que el eje de salida se mueve verticalmente hacia arriba. En la parte superior existe una brida horizontal de salida. El reductor contiene un cojinete de empuje con segmentos que absorben la fuerza de molienda en la parte superior de la carcasa. El reductor se construye de forma modular.

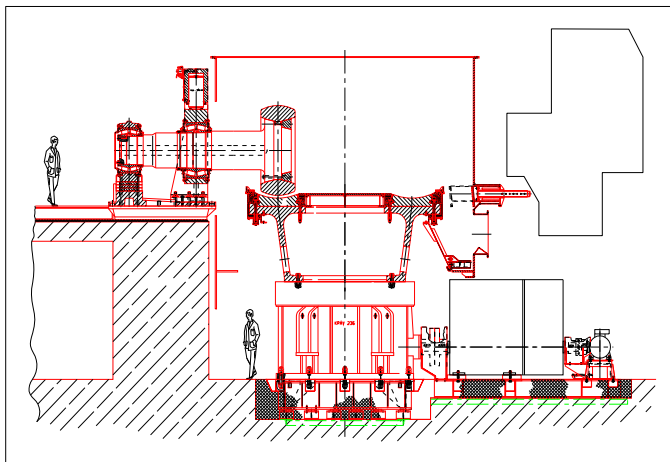


Fig. Reductora Accionamiento Mesa Molino

Una unidad de lubricación garantiza el suministro de la adecuada cantidad de aceite a los dientes del engranaje, los cojinetes del eje y los cojinetes de empuje. Los filtros y los sistemas de refrigeración acondicionan el aceite.

Cuerpos moledores:

Los cuerpos moledores presionan contra el material a moler (Esfuerzo de molienda) mediante su propio peso, por fuerza centrífuga y por sistemas hidráulicos. Todos los grandes molinos utilizan hoy en día el sistema de presión hidroneumática, su disposición varía de unos fabricantes a otros, pero en principio todos coinciden en utilizar como muelle el gas comprimido en un acumulador, cuyo esfuerzo es transmitido a los pistones de presión por medio de aceite. Un conjunto de bombas proporciona la presión necesaria. El sistema tiene la ventaja de poder regular fácilmente las diferencias de presión.

Modificando la presión del aceite pueden elevarse los rodillos sobre la pista, a fin de que el arranque se haga en vacío, con lo cual se facilita la utilización de motores de arranque directo.

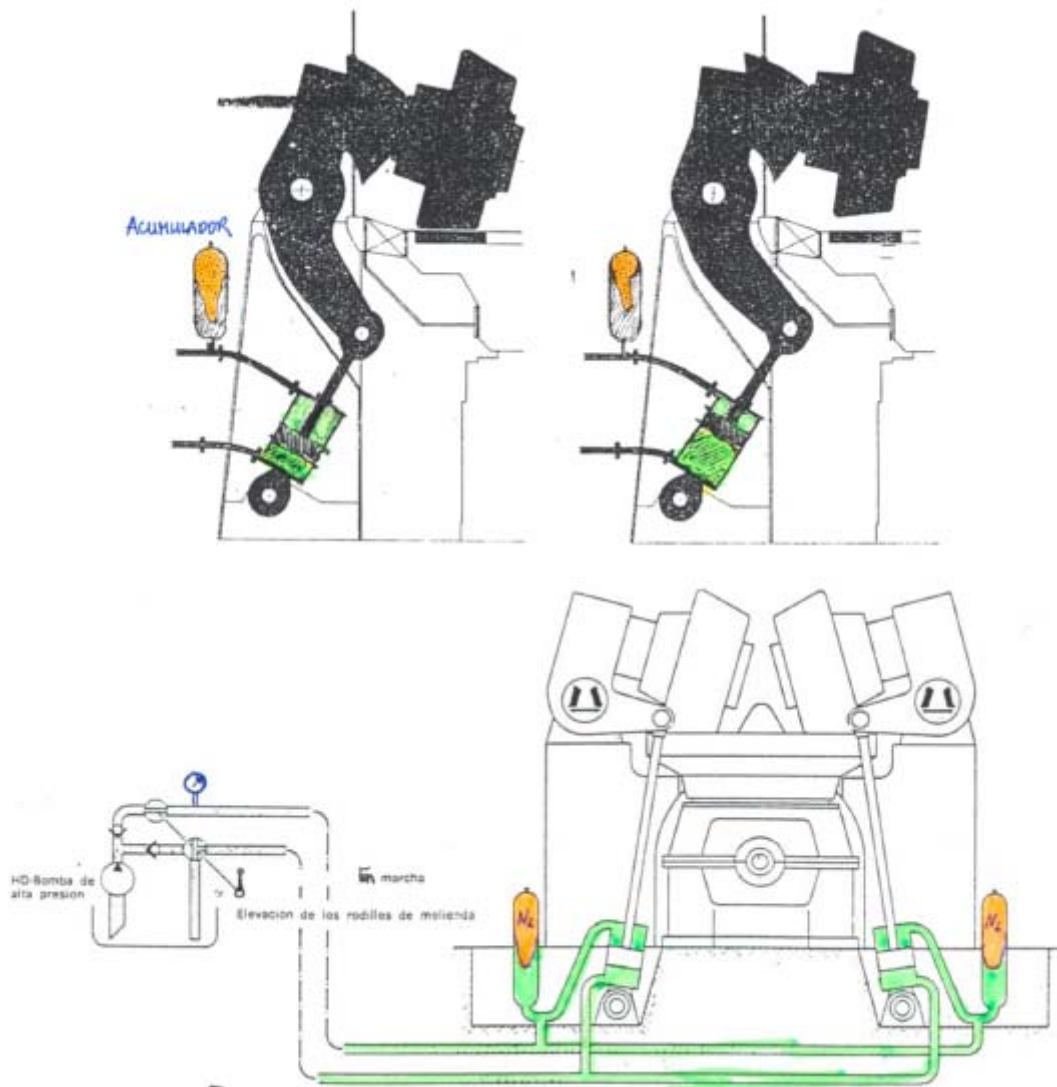
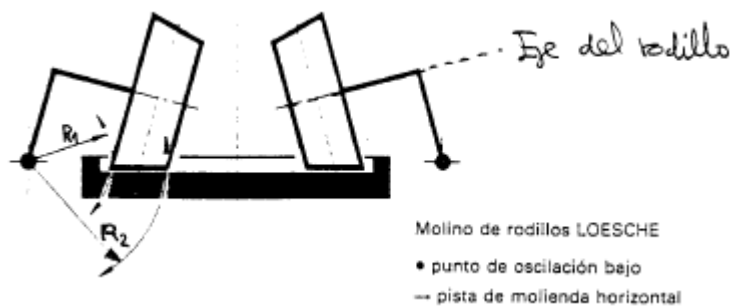


Fig. Esquema del sistema hidroneumático para la presión de los rodillos.

La forma de los cuerpos moledores parte de consideraciones cinéticas y no depende del grado de eficacia de molienda. Cuando se empezaron a aplicar las fuerzas elásticas a los rodillos por medio de los sistemas de palancas en adición al propio peso de los rodillos, se hizo necesario estudiar bajo consideraciones cinéticas el sistema de palanca. El objetivo de todas las soluciones era hacer trabajar a los rodillos lo más vertical posible sobre la superficie de molienda.

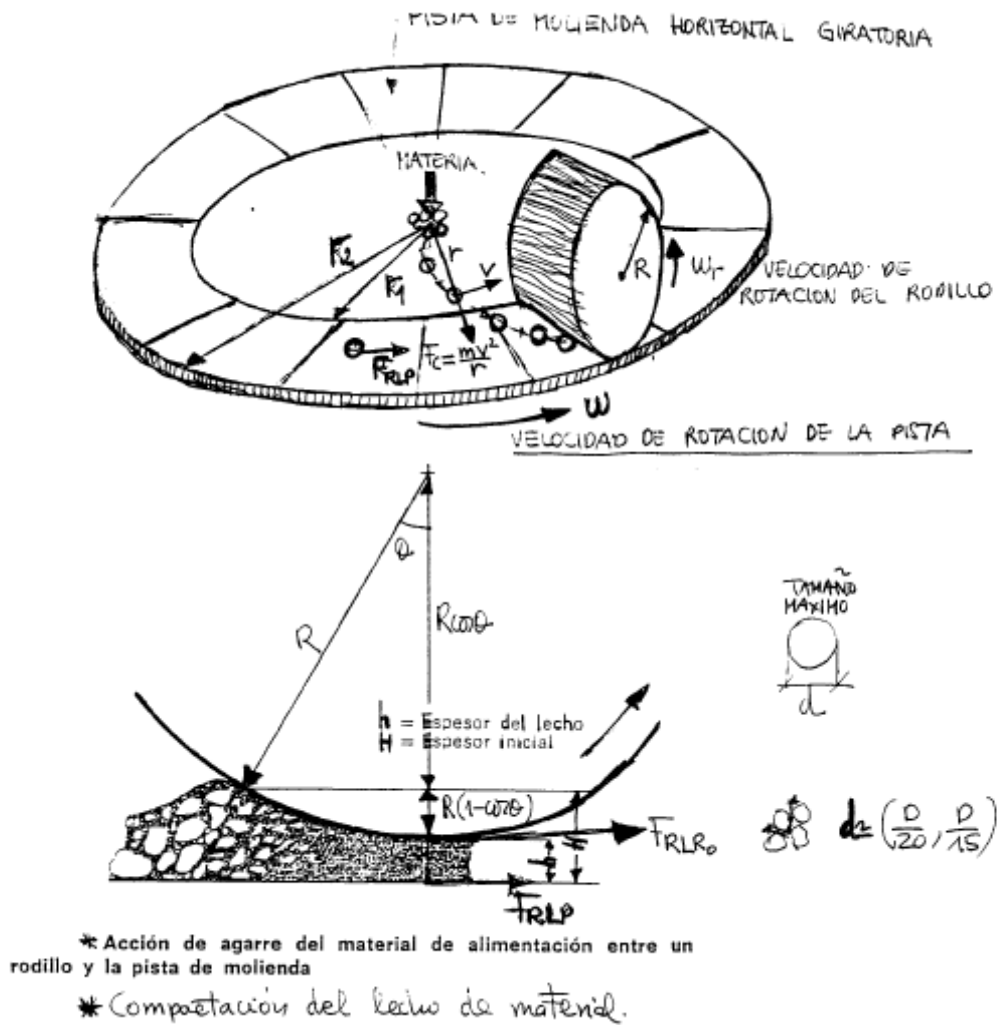
Si se inclina el eje del rodillo aun más y pivota en un punto de oscilación más bajo, entonces de acuerdo con el principio de un movimiento del rodillo casi perpendicular a la pista de molienda, esta debe de ser horizontal, también en estos casos la pista de molienda se encuentra a la misma altura del punto articulado del sistema de palanca. Un rodillo con un punto de oscilación elevado, destrozaría la pista de molienda y sobre todo el borde interior, porque ya no sería perpendicular a la superficie de molienda.



El material que llega al molino desde la dosificación cae a través de una resbaladera sobre la pista, que se asienta sobre el plato y este, a su vez, sobre el reductor girando con él. La alimentación del material a moler cae centralmente sobre el plato. Debido al rozamiento el material gira, más o menos conjuntamente, con el plato, con lo que se ve sometido a la acción de la fuerza centrífuga, lo que hace que se mueva hacia afuera en dirección a la pista de molienda. Dicha fuerza se puede aumentar haciendo que la velocidad de rotación de la pista, w , sea mayor.

$$F_c = mw^2r = m\frac{v^2}{r}$$

Al pasar el material entre los rodillos y la pista se produce la molienda por un doble efecto de presión y rozamiento. Los trozos mayores de material, sobresaliendo sobre los demás, son los primeros en ser desmenuzados, por una combinación de esfuerzos de compresión y corte (Como en una trituradora de cilindros). Se concentra encima de ellos la presión ejercida por el rodillo, que excede con mucho su resistencia a la rotura. Luego los cuerpos moledores van actuando sobre las partículas que siguen en tamaño y así sucesivamente. Este proceso continua hasta que el material alcanza la parte mas estrecha de la separación entre el elemento moledor y la pista de molienda.



Juntamente con la reducción de tamaño se produce una compactación del lecho del material, cuyas fuerzas de compresión y corte asociadas dan lugar a un nuevo efecto de reducción de tamaño, sobre todo por rozamiento de las partículas entre si, ayudado por un cierto movimiento relativo entre los cuerpos moledores y la pista de molienda. Este movimiento relativo también contribuye a prevenir las adherencias en la pista de molienda, si el molino se alimenta con material húmedo o pegajoso. Tenemos pues que la reducción final se realiza, sustancialmente, por rozamiento, que es el factor clave de la pulverización fina.

Para una buena eficacia de este proceso de reducción final por rozamiento deben cumplirse las siguientes condiciones:

- 1.-Presión específica (kgf/m²s) de molienda suficientemente alta.
- 2.-Número de puntos y zonas de contacto de las partículas entre si bastante elevado.

3.-Suficiente posibilidad de movimiento de unas partículas con respecto a otras.

Las condiciones básicas para que un molino de rodillos realice una molienda eficaz son las siguientes:

- 1.-Los cuerpos moledores ejerzan una buena acción de agarre.
- 2.-La presión de los cuerpos moledores sea la adecuada.
- 3.-El lecho de material sea estable.

Existe una relación geométrica entre el diámetro de los cuerpos moledores y el tamaño máximo de las partículas que pueden ser agarradas por ellos. El tamaño máximo que se puede admitir es, aproximadamente, de $1/15$ a un $1/20$ el diámetro de los rodillos. Si los rodillos no pueden agarrar al material no podrá molerlo. Cuando el material de alimentación cumpla con el requisito del límite máximo admisible para el tamaño de sus partículas, la acción de agarre depende de la distribución granulométrica y del coeficiente de rozamiento del lecho de material.

El lecho de material debe poseer una estabilidad suficiente para no ser desplazado por los cuerpos moledores (Adecuado rozamiento entre el material y la pista), con lo cual la acción desmenuzadora sería muy pequeña. Además es necesario que se desarrolle una fuerza de rozamiento suficiente entre el lecho de material y los cuerpos moledores, para que estos rueden sobre el lecho y no tan solo deslicen.

Puede suceder que funcionando el molino en condiciones estables, cambie bruscamente la distribución granulométrica del material de alimentación, por ejemplo, por efecto de la segregación del material contenido en la tolva de alimentación durante su vaciado, recibiendo entonces el molino tan solo material fino, con lo cual se altera temporalmente el lecho de material, con perjuicio de su estabilidad. Parte del material es rechazado y por ello se reduce el espesor del lecho y si no se varía la presión que ejercen los elementos moledores, aumenta la presión específica sobre el material, pudiendo suceder que los elementos moledores "pinchen al lecho" y de ello resulta un traqueteo en su rodadura.

El anillo de contención que bordea el perímetro de la pista de molienda sirve para mantener el espesor del lecho de material dándole la estabilidad necesaria. En las máquinas grandes la presión sobre los elementos moledores se aplica neumáticamente, variando según las condiciones que presente el material.

Para lograr una adecuada capacidad de agarre por parte de los rodillos, con el mayor margen que sea posible, dentro de la variabilidad que puede presentar la alimentación (distribución granulométrica, contenido de humedad, molturabilidad, etc), las medidas que han propuesto los constructores incluyen la utilización de rodillos y pistas de molienda con perfiles salientes a modo de crestas, o bien utilizar las juntas de los segmentos, que forman las pistas, para intercalarles dichos salientes. Otra posibilidad ensayada es la de emplear

segmentos alternados con diferencias en sus resistencias al desgaste o dar a los rodillos una superficie corrugada aplicando líneas de electrodos especiales de alta resistencia a la abrasión.

Estas condiciones se relacionan entre si directamente, así si se disminuye el espesor del lecho, sin variar la presión de los rodillos, aumenta la presión específica pero disminuye el movimiento relativo de las partículas entre si y el número de puntos y zonas de contacto entre ellas.

Otro factor importante que rige el proceso de reducción de tamaño en un molino de rodillos es la velocidad de molienda (tiempo de paso de los rodillos). La velocidad de molienda se determina en función de las dimensiones de la pista de molienda y del valor de la fuerza centrífuga necesaria para el transporte del material. El aumento de la velocidad de molienda en una proporción sustancial es muy poco beneficioso ya que, desarrollándose una fuerza centrífuga mayor se acorta el tiempo de permanencia del material sobre la pista de molienda. Además como se reduce el tiempo de paso de los rodillos (tiempo durante el cual una partícula cualquiera de material está sometida a la acción de los rodillos), la presión de molienda disponible no puede utilizarse efectivamente para la rotura de las partículas.

La resistencia a la rotura por compresión de un material dada por un determinado ensayo, es tanto mayor cuanto más elevada sea la velocidad con que se aplica la carga, de ello se deduce que el incremento de la velocidad de molienda, por encima del valor necesario, tan solo da lugar a una mayor resistencia al desmenuzamiento del material y no tiene ninguna finalidad útil. Borner dio un importante valor característico k como expresión del tiempo útil de actuación de la presión de molienda (fuerza por unidad de superficie efectiva de molienda), que facilita un criterio para la comparación de molinos de rodillos de distinto diseño. Dicha expresión es:

$$k = \frac{Pz}{va} \left(\frac{\text{kg.s}}{\text{m}^2} \right)$$

donde: z = Número de rodillos.

P = Fuerza de contacto (Kgf).

v = (Velocidad angular).(Radio del rodillo circular) (m/s).

a = Anchura efectiva de los rodillos.

La anchura efectiva de los rodillos cónico-truncados debe de ser el 100 % de la anchura real de la superficie de contacto, pero para rodillos de superficie convexa, debe de adoptarse el 60 % aproximadamente. Un valor más exacto puede deducirse del examen de la extensión del desgaste en la superficie de los rodillos.

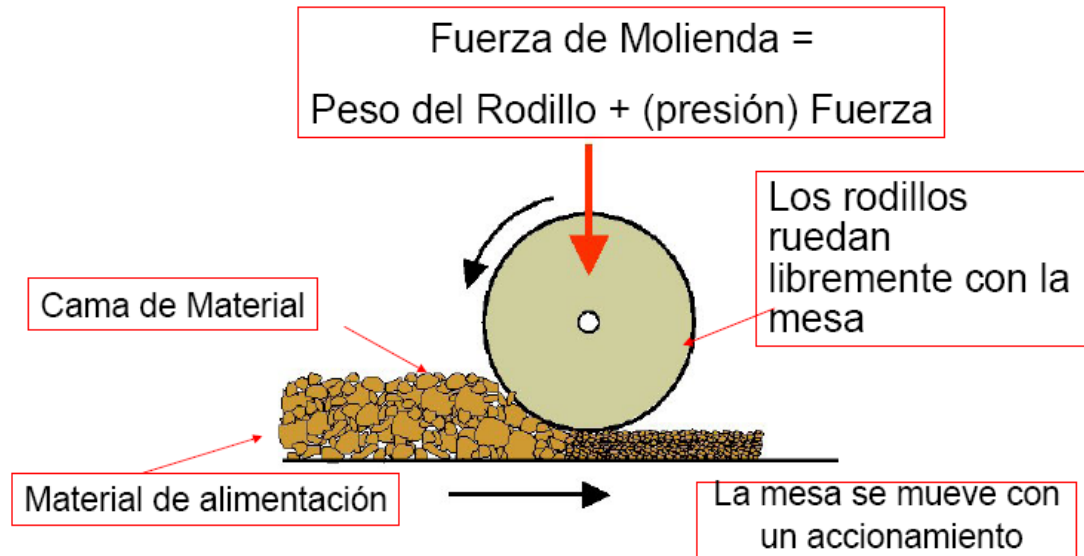


Fig. Principio de Molienda

En los molinos de rodillos el tiempo de permanencia del material en el molino es muy pequeño (se han medido 30 segundos), por este motivo este tipo de molinos responde con mucha más rapidez que los molinos tubulares a los fenómenos perturbadores (variación de la distribución granulométrica, de la molturabilidad, del contenido de humedad, del caudal de alimentación, etc.).

Durante el breve tiempo que dura un ciclo, el material puede estar sobre la pista de molienda o en suspensión en la corriente de aire. Cualesquiera influencias que afecten al tiempo de permanencia del material sobre el lecho pueden, por consiguiente, manifestarse rápidamente en un cambio de concentración de polvo arrastrado por el aire de barrido que atraviesa el molino. Como el material se transporta, casi íntegramente, por la acción de la corriente de aire dicho cambio de concentración provoca una caída de presión del aire. Por tanto, admitiendo un caudal constante, la caída o aumento de presión constituye una variable importante de control.

Variando la tasa de alimentación y/o la presión ejercida por los rodillos es posible mantener la caída de presión en un valor constante y, con esto, conseguir un nivel de carga del separador de aire razonablemente estabilizado.

En la molienda combinada con el secado, además de la caída de presión se usan como variables de control la temperatura de la cámara de molienda y el caudal de gases a la salida del exhaustor.

Las figuras muestran en posición de servicio, arranque con rodillo elevado hidráulicamente y posición de servicio (mantenimiento) con rodillo volteado. Al tener la unidad balancín-rodillo volteada y fuera del molino, se puede cambiar tanto la camisa anular del rodillo como el rodillo completo, fácil y rápidamente.

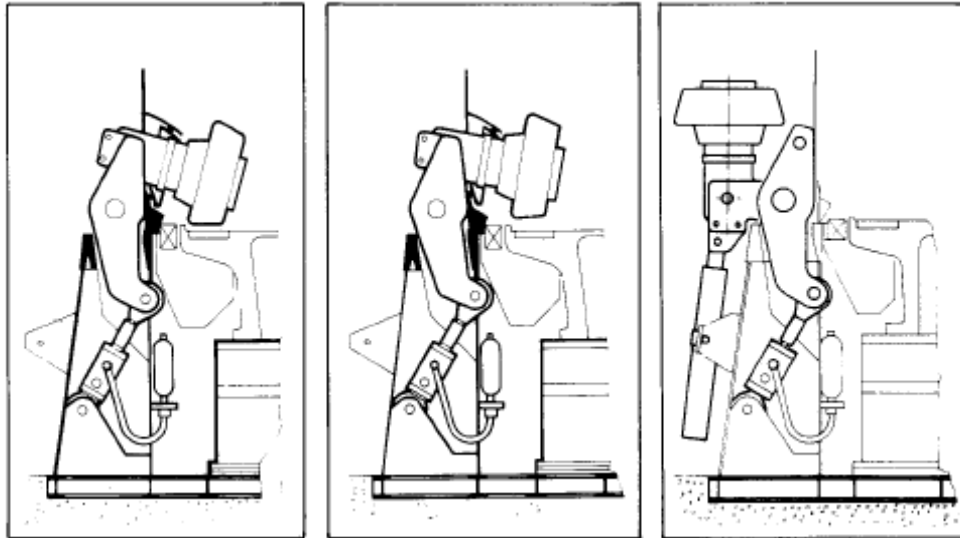


Fig. a) Rodillo en posición de marcha (Trabajo). b) Rodillo en posición de arranque. c) Rodillo en posición de servicio.

Partes Internas:

Protección típica al desgaste:

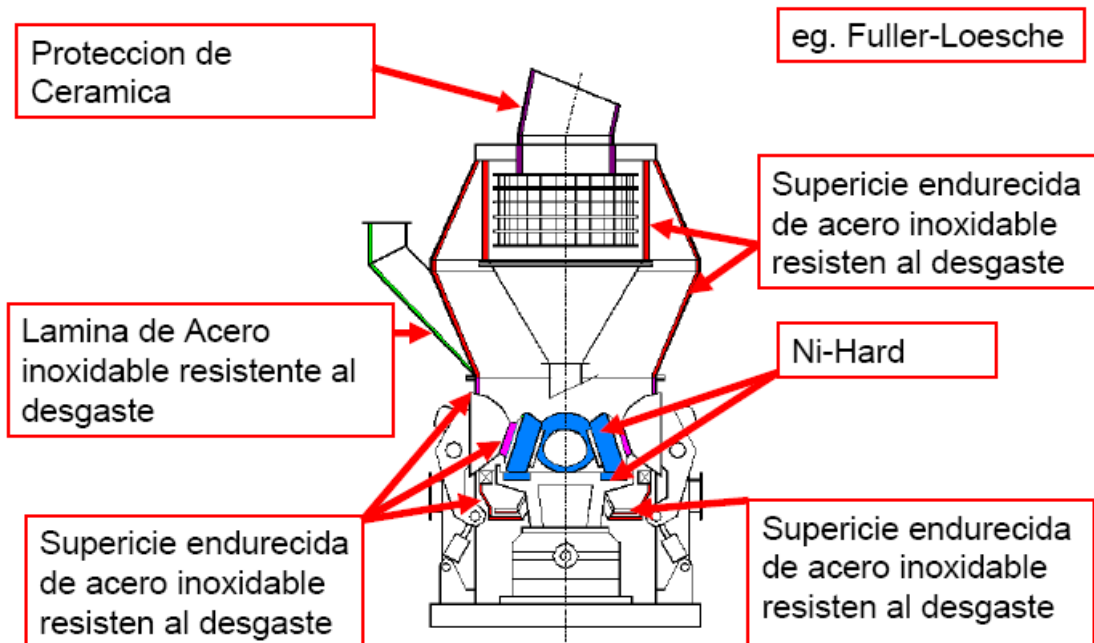


Fig. Protección al desgaste de las partes internas de un molino vertical de rodillos.

Detalle de la Mesa:

La mesa está compuesta de una gruesa base de acero fijada a la placa del accionamiento de engranes. En la parte superior tiene una protección al desgaste, en segmentos de fundición de acero fijados ajustadamente. La forma de la cima de la mesa es de acuerdo al tipo de molino y al material esperado. Contiene una parte media algunas veces se inclina para inducir al material fuera. Entonces una pista de molienda (o 2 pistas de moliendas concéntricas) y un borde. La pista de molienda puede también ser inclinada para controlar el movimiento radial de material sobre la superficie.

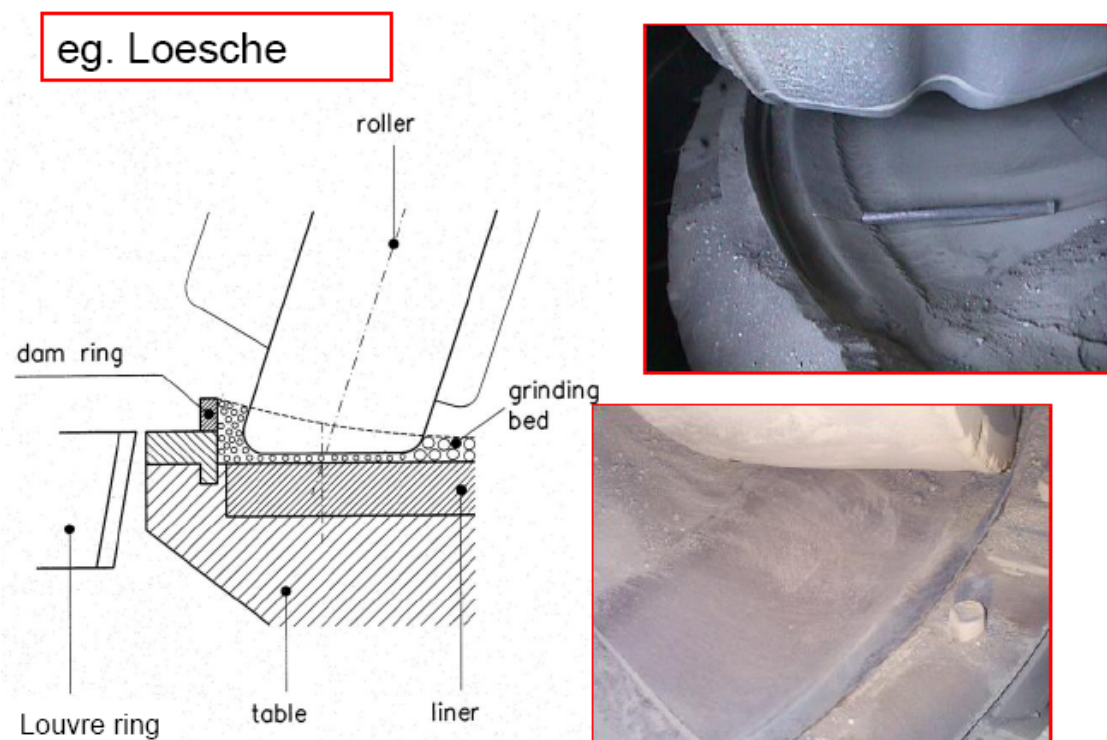


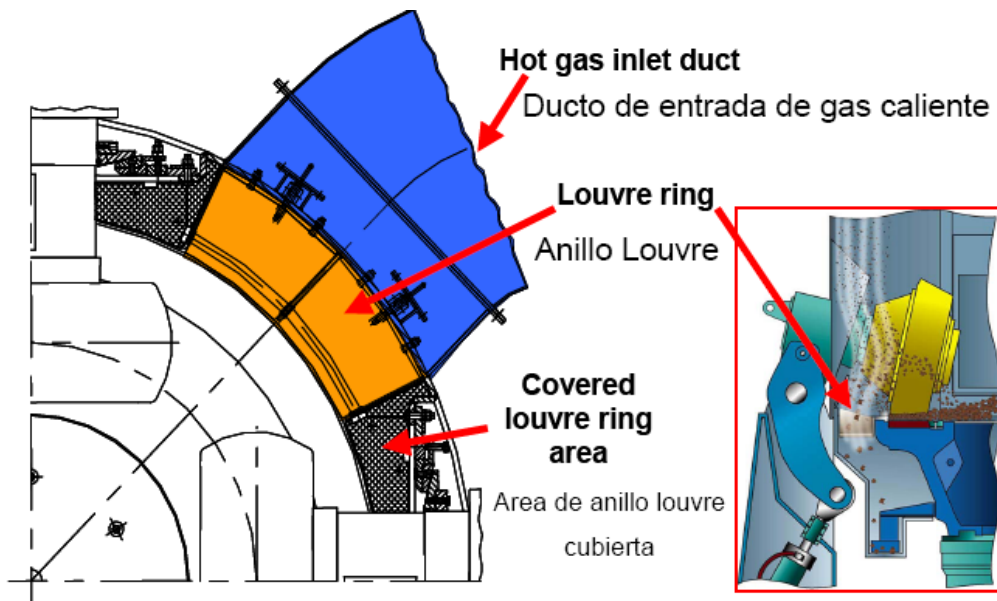
Fig. Detalles de la mesa

Anillo Louvre

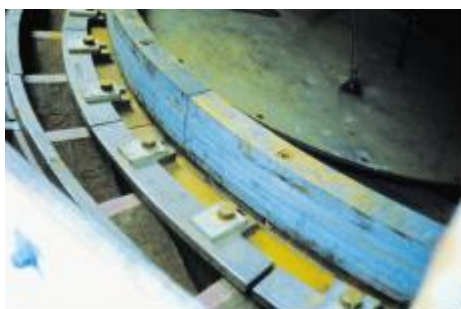
El anillo louvre es la separación anular entre la mesa rotatoria y el alojamiento del molino. Es el lugar donde el gas del molino necesario para transportar el producto fuera del molino, entra a la sección de molienda.

Para controlar la dirección y velocidad de éste gas, las placas son soldadas dentro de la separación a un ángulo especial de acuerdo a la situación de flujo de gas esperada. **At commissioning**, o más tarde, uno puede

decidir ajustar la influencia de las louvres en el flujo de gas (i.e.: si se tiene un excesivo desgaste alojamiento). La separación es también calculada de tal forma que el volumen de flujo de gas sobre el área abierta proyectada resulta en un promedio de la velocidad del gas. Esta velocidad puede subir partículas de material de una cierta medida. Cualquier partícula que sea pesada caerá a través del anillo louvre a los rechazos del anillo inferior. El anillo de rechazos fue originalmente diseñado para objetos metálicos y rocas, que no pudieran ser molidos adecuadamente. De cualquier forma, era obvio que si la velocidad del gas es mucho menor que la alimentación del material puede caerse, por ello fue creada la idea de una circulación externa. La circulación externa utilizando un elevador de cangilones usa menos energía que un transporte neumático de gas subiendo partículas de material a través del molino.



Figs. Anillo Louvre



Flujo de gas:

La función principal del flujo de gas es el transporte neumático de material en el molino. Funciones secundarias son una preclasificación del material y el secado de material húmedo. El flujo de gas es calculado con anticipación utilizando métodos computacionales y resultados empíricos. Las velocidades en diferentes puntos en el molino difieren de acuerdo al proveedor,

porque cada Molino tiene una diferente forma. De cualquier forma se puede decir que el gas entra al anillo louvre a una alta velocidad (30~40 m/s) sube el material al separador (16~20 m/s) y entra lentamente (~5 m/s).

Flujo de material en el molino:

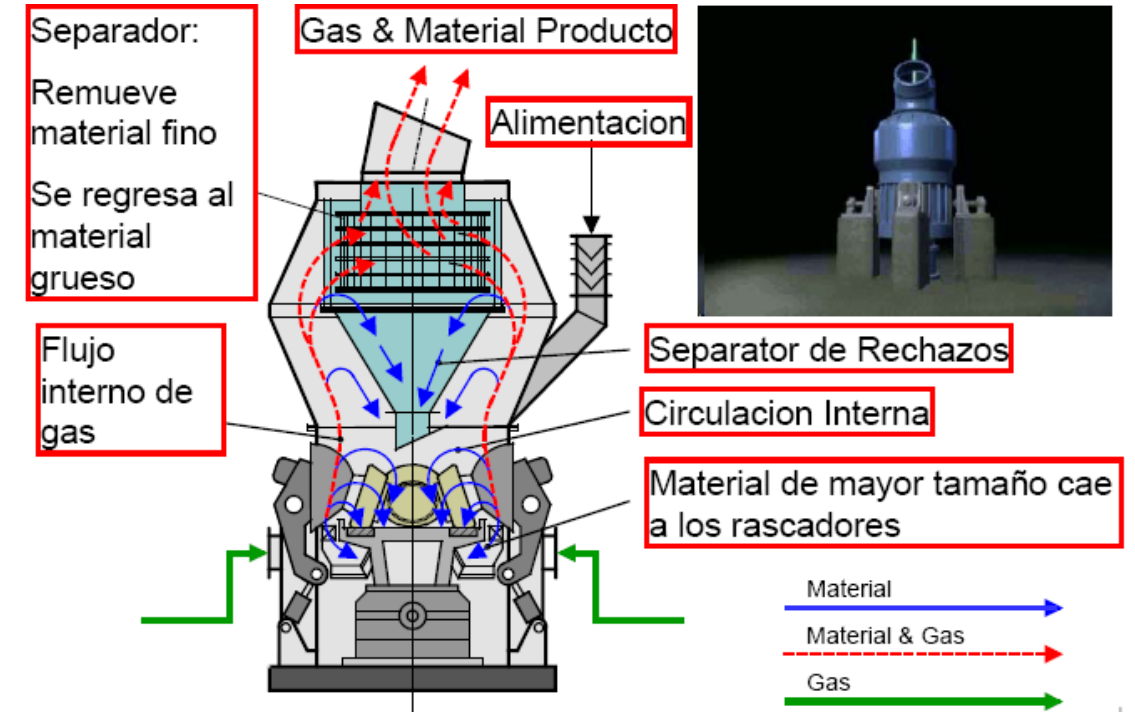


Fig. Flujo de material en el molino

Capítulo 2: Electricidad

2.1 Introducción

La instalación eléctrica consta de diferentes partes.

1.- Instalación eléctrica de MT. Los motores de accionamiento de la mesa del molino y el ventilador serán alimentados a 6.3KV.

2.- Instalación eléctrica de BT. Se dispondrá de una tensión de utilización tras su transformación - de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

3.- El régimen de neutro será neutro aislado.

2.2 Instalación Eléctrica de MT.

Vamos a describir la instalación de MT para la alimentación de 2 Motores de 270 kW de potencia nominal y de un transformador de 630 KVA de alimentación del CCM de Molienda.

La alimentación de los motores en MT y del transformador proviene del centro de transformación.

La red de alimentación será:

Frecuencia: 50 Hz
Corriente: Alterna III
Tensión Compuesta: 6.3 kV
Tensión máxima: 7.2 kV

2.2.1 Celdas de Acometida

Existen 3 cabinas de protección y medida independientes para cada motor y el transformador. Cada cabina incorpora compartimentos independientes para la protección de los motores y el transformador y para la medida de la energía eléctrica.

El interruptor automático será extraíble por completo para su inspección y mantenimiento.

Cada cabina posee un analizador de redes para la medida de tensión, carga, potencia y $\cos \phi$.

2.2.2 Líneas de MT.

De acuerdo con las características de la placa del motor de cada compresor, que son idénticos y de 400 kW de potencia nominal, consumo nominal a plena carga 31 A. Se seleccionan cables tripolares con aislamiento PVC de 6/10 KV y sección $3 \times 1 \times 95 \text{ mm}^2$ admite en carga permanente 400 A.

2.2.3 Dimensionado embarrado.

El embarrado de las celdas estará constituido por tramos rectos de pletina de cobre de 150 mm^2 de sección.

El embarrado estará soportado por aisladores de 12 kV.

2.2.4 Conductores de puesta a tierra

Según instrucción MIE-RAT-13, para el dimensionamiento de la sección del conductor a emplear en la red de puesta a tierra, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto será de un segundo, no pudiendo superarse una densidad de corriente de 160 A mm^2 .

Dado que la intensidad de falta máxima será de 1.500 A (en este sentido esta diseñada la malla de tierra de la factoría), se obtiene un sección mínima de cable de tierra de $S = 1500 / 160 = 8 \text{ mm}^2$.

Se prevé la colocación interior de conductores de puesta a tierra en la dependencia de la sala de compresores con de 35 mm^2 que es de sección muy superior a la calculada y reglamentariamente admisible.

A este circuito se conectarán todos los chasis y bastidores de los equipos de maniobra, las envolventes de los conjuntos de armarios metálicos, las columnas, los soportes y las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente. La conexión de los elementos móviles, en particular las partes de los compresores, se realizará por medio de trenzas flexibles.

2.3 Instalación Eléctrica de BT.

Centro de Control de Motores (CCM)

El CCM está diseñado para una entrada y salida de tensión de servicio de 400 V entre fases.

La caída de tensión en el punto más desfavorable de la red no será superior a 5% de la tensión de servicio.

El CCM dispone de un interruptor automático en cabeza.

Del CCM saldrán las acometidas a los diferentes motores de la planta de Baja tensión.

El CCM posee una intensidad de cortocircuito de 50 KA durante 1 seg.

Las dimensiones del Embarrado son:

- Fases: Por cada fase barra de Cobre recocido de Sección 50 x 10 mm.
- Tierra: Barra de Cobre recocido de Sección 40 x 5 mm.

El CCM dispondrá de baterías de condensadores para corregir el consumo de energía reactiva de la instalación, dentro de módulos independientes. Estarán compuestas por conjuntos trifásicos, con un escalón fijo y varios escalones de potencia regulables manual y automáticamente en función del consumo eléctrico y del factor de potencia de la Planta en cada instante, se dispondrá de baterías de condensadores, las cuales, tendrán suficientes escalones para evitar en todo caso un consumo capacitativo.

Canalizaciones Fijas

Todos los conductores irán soportados y conducidos mediante bandejas de cables tipo escalera en acero al carbono galvanizado en caliente. Las bajantes y acometidas a motores se realizarán mediante tubos galvanizados en caliente.

Todos los cables de fuerza son de tipo RV 0,6 / 1 KV (Conductor de cable con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de vinilo).

Los cables empleados son RV-k0.6/1 KV, especialmente indicados para acometidas de corriente, instalaciones de alumbrado, instalación industrial, instalación de mando, instrumentación apantallada. Son cables no propagadores de incendio y de baja emisión de gases corrosivos en caso de incendio.

Los cables empleados estarán formados por tres elementos fundamentales: el aislamiento, las protecciones o cubiertas y el conductor.

- Material aislante R: Aislamiento de polietileno reticulado.
- Cubierta V: Policloruro de vinilo.

Los colores para identificar los conductores serán:

- Conductor de protección Amarillo/verde.
- Conductor de neutro Azul claro.
- Conductor de fases Negro, Marrón y Gris

Maquinas rotativas

Todos los motores de las máquinas rotativas de la planta son de servicio en intemperie de 400 V IP-55, calentamiento clase B y aislamiento clase F.

Aparatos de Corte y Conexión

Los elementos de conexión y corte de los circuitos de fuerza de motores serán contactores categoría AC3.

Sistema de Protección contra Contactos Indirectos

Las redes de distribución en B. T. se proyectarán con el esquema tipo IT, es decir, neutro aislado y masas puestas a tierra, a través del conductor de protección.

Para el control de aislamiento, y la localización de defectos en B.T., en este tipo de instalaciones se dispondrá de un controlador permanente VIGILOM; éste superpondrá una tensión continua entre la red y tierra y dependiendo del valor de la corriente resultante medida mediante un dispositivo electrónico se activará primeramente una alarma en el umbral prefijado y se disparará la bobina del interruptor afectado en el segundo umbral. Consecuentemente, estos márgenes de señalización permitirán prevenir accidentes y planificar con toda seguridad los niveles de producción. Todo ello irá asociado a núcleos toroidales y bobinas de disparo con sus correspondientes cableados de control.

De igual manera y por seguridad de la instalación, se dispondrá de interruptores y relés diferenciales de 300 y 30 mA. de sensibilidad para proteger los defectos de aislamiento de los conductores y sus posibles fugas eléctricas en dispositivos electrónicos, como son salidas de S.A.I.'s, cuadros de instrumentación y control con trafos de maniobra, y en general las salidas que se consideren oportunas.

Sistema de Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos

Para proteger a los conductores y receptores de la instalación ante posibles sobreintensidades, se dispondrá de:

- Fusibles, disyuntores o interruptores magnetotérmicos para las sobreintensidades provocadas por un cortocircuito.
- Magnetotérmicos o relés térmicos para las sobrecargas.

Todos los conductores estarán perfectamente protegidos para lo cual se instalarán las protecciones referidas anteriormente convenientemente dimensionadas para las sobreintensidades previsibles según el tipo de consumo, como se puede apreciar en esquemas.

Distribución de Alumbrados Generales

Estos circuitos serán monofásicos o trifásicos más neutro, acompañados de un conductor de tierra de igual sección que los anteriores, salvo en aquellos casos en los que la unión de varios circuitos por la misma canalización, permita utilizar un solo conductor de tierra para todos ellos. Siendo su sección dependiente del número de circuitos a proteger y la mayor sección de los conductores de fase.

Luminarias

Las luminarias utilizadas serán preferentemente, fluorescentes, equipadas con 2 tubos fluorescentes de 36 W, 230 V con difusor de metacrilato de metilo.

Tomas de corriente

Se dispondrá de tomas de corriente estancas repartidas individualmente y en cuadros, de 3P+T.T. y de 2P+T.T., de 16 y 32 A. de intensidad nominal. Así mismo en las estancias de interior se instalarán t. de C. de 2P+T.T. 10/16A.

Grupo de Emergencia

Se dispondrá de un grupo electrógeno para suministro de emergencia de la planta, compuesto por los siguientes elementos:

- Grupo Diesel.

Cuatro tiempos refrigerado por agua en circuito cerrado, con sistema de inyección de combustible directo (inyectores se desmontarán fácilmente , para su comprobación y limpieza) .

Dispondrá de regulación automática de velocidad , permaneciendo constante al regular la carga.

- Alternador.

Trifásico con el neutro en conexión estrella accesible con tensión nominal de salida del generador de 400/231 V.

Inductor giratorio y sin escobillas.

La excitatriz, montada en un extremo del eje, llevará incorporado el rotor y un rectificador de onda completa para producir la excitación principal de la máquina.

Acometida de Emergencia

El PLC estará alimentado por Sistema de Alimentación Ininterrumpida SAI, para en caso de corte de tensión el PLC siga funcionando, este SAI tendrá dos acometidas, una por corriente normal y una segunda acometida del grupo electrógeno, para que el SAI siempre esté en tensión.

Sistema de Alimentación Ininterrumpida

El rectificador-cargador dispondrá de un puente rectificador de doce pulsos, dimensionado para el 100% de la potencia. Asimismo dispondrá de un sistema automático de conexión en secuencia, de un sistema limitador de la corriente de entrada y sistema regulable de limitación de recarga de baterías.

El inversor estático del sistema está equipado con los correspondientes filtros de protección de batería y de carga y de perturbaciones eléctricas. Así mismo, estará provisto con un sistema redundante de ventilación.

Igual que en el caso del rectificador, el inversor dispondrá de los controles, señalizaciones, alarmas, protecciones, etc. necesarios para su adecuado funcionamiento, protección y seguimiento por parte del personal competente.

El by-pass electrónico estará compuesto por un interruptor electrónico de tipo estático y en paralelo, un seccionador de corte en carga, ambos de accionamiento automático, mediante lógica electrónica, para permitir la conmutación sin interrupción de la carga, de inversor a red y viceversa.

Puesta a Tierra

Podemos definir la **puesta o conexión a tierra** como la conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico.

La finalidad principal de una puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

El sistema de protección está basado, principalmente, en no permitir la existencia de tensiones entre diferentes masas metálicas o entre éstas y el suelo, superiores a 24 V en viviendas y locales húmedos, o 50 V en locales secos. Estos valores son los máximos que puede soportar el cuerpo humano sin peligro de lesiones graves.

Para conseguir estos valores de tensión, se equipan las instalaciones con una línea paralela a los conductores de enlace del edificio que sea capaz de enviar a tierra cualquier corriente de fuga, derivación, etc., así como las descargas de origen atmosféricos (rayos).

Se dotará al complejo de una red de toma a tierra, mediante conductores enterrados en zanja y unidos a todos los pilares del edificio mediante soldadura aluminotérmica para conseguir una resistencia de tierra nunca superior a 10 Ω , de acuerdo con lo indicado en la instrucción ITC-BT 18 del vigente REBT. Junto a los Cuadros Generales de Mando y Protección, se colocará una caja seccionadora de puesta a tierra, en la que se conectará la línea principal de tierra para, en caso necesario, poder desconectar la tierra de la estructura del resto del edificio. La unión entre la tierra de la estructura y el conductor principal de tierra, se realizará en una arqueta junto a la centralización de contadores. Dicha arqueta será señalizada convenientemente con el símbolo de puesta a tierra.

Los anillos principales y sus interconexiones, se harán con cable de Cu desnudo si van enterrados y cubiertos con PVC cuando se dispongan en canalizaciones ó estén sometidos a la intemperie.

Los equipos, tanques, cuadros de fuerza o estructuras cuyo tamaño lo haga aconsejable, se conectarán al anillo en dos o más puntos debidamente espaciados que se reflejarán según necesidades.

La armadura de todos los cables armados se pondrá a tierra en ambos extremos, excepto los unipolares.

Las conexiones a equipos que puedan ser desmontados, por trabajos de reparación o mantenimiento, se efectuarán por terminales a presión.

A los motores se dará tierra derivándose desde el cable de tierra que discurra por la bandeja más próxima a dicho motor.

Las conexiones a estructuras, tanques y otros equipos no desmontables, se efectuarán mediante conectores adecuados de presión ó soldadura.

Las estructuras de hormigón se conectarán al anillo de tierra a través de las armaduras de los pilares en dos o más puntos, para lo cual se soldarán orejetas de conexión a las varillas de acero.

No se dará tierra a los equipos conectando a los pernos de anclaje.

Las partes metálicas de las armaduras de alumbrado, tomas de corriente y estaciones se pondrán a tierra por un conductor de protección que formará parte del mismo cable que los conductores activos y que se conectará a la barra o borne correspondiente del cuadro o panel.

Los empalmes y conexiones subterráneos se efectuarán con soldadura aluminotérmica Cadweld ó Thermoweld, y los aéreos con terminales a presión ó por soldadura, y preferentemente, esta última, salvo las conexiones a equipos que tengan orejetas de p.a.t., que se harán mediante terminales a presión.

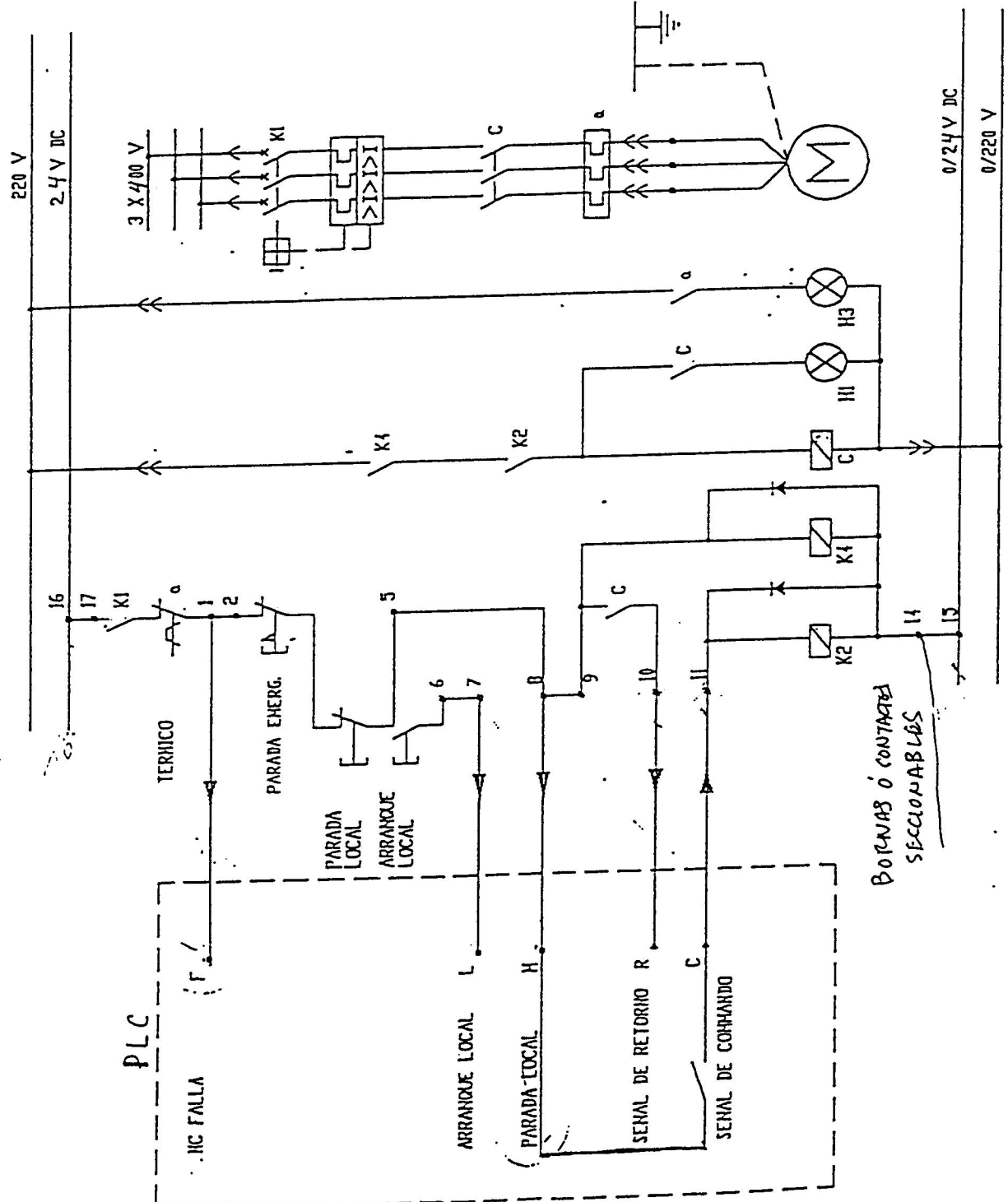
Todos los cables de tierra subterráneos se instalarán a una profundidad mínima de 600 mm, bajo el nivel del terreno, procurando, si las hay, utilizar las mismas zanjas de distribución de los cables de fuerza y/o alumbrado separándolos convenientemente.

Todos los cuadros y paneles vendrán provistos como mínimo y según necesidades, de una entrada para cable de 50 mm², y el terminal adecuado para su puesta a tierra.

Se dará tierra en la base de todos los báculos, mediante conexión directa a la red de tierras en cable de Cu, de 35 mm² de sección.

Los conductores utilizados de protección serán independientes para cada circuito y tendrán las secciones marcadas por la instrucción ITC-BT 18 siguientes:

- Para secciones de fase iguales o menores de 16 mm² el conductor de protección será de la misma sección que los conductores activos.
- Para las secciones comprendidas entre 16 y 35 mm² el conductor de protección será de 16 mm².
- Para secciones de fase superiores a 35 mm² el conductor de protección será la mitad del activo.



ESQUEMA DE PRINCIPIO.
CONEXIONES ENTRE PLC-MCC NORMAL.

Capítulo 3: Instrumentación.

3.1 Introducción a la instrumentación

3.1.1. Estudio y elección de la instrumentación

El Control Automático de Procesos se encarga de poner los medios para mantener ciertas variables de proceso entre unos valores predeterminados. Estas variables suelen ser temperaturas, presiones, caudales, composiciones, niveles y otras variables de tipo analítico. La principal dificultad al controlar estas variables es la propia naturaleza dinámica de las mismas. En todo proceso nos es completamente necesario, para su buen funcionamiento y marcha, la medición de una serie de variables y características así como su control cuando esto sea necesario. Para conseguir esto, se utilizan una serie muy diversa de aparatos y sistemas. Todos estos instrumentos y sistemas forman una unidad necesaria dentro de la Industria en general llamada INSTRUMENTACION.

Seguidamente se hace una pequeña introducción al mundo de la instrumentación, y aunque hay una amplísima gama de instrumentos existentes en el mercado, se podría clasificar, atendiendo a su función, de forma esquemática de la siguiente manera:

- **Instrumentos de medida**, su función consiste en dar una señal (visual, neumática, electrónica, o de otro tipo) proporcional a la variable medida. Este grupo engloba los indicadores y registradores locales, los transmisores y los termostatos y presostatos.

- **Instrumentos de regulación o control**, son los encargados de mantener la variable controlada en un valor deseado o bien dentro de ciertos límites. El más característico, de los instrumentos de este grupo, es el controlador.

- **Instrumentos actuadores**, son los que, en función de las señales recibidas de los instrumentos del grupo anterior, actúan, directa o indirectamente, sobre la variable controlada. Son, por ejemplo, las válvulas de control, las válvulas de solenoide, los actuadores mecánicos, etc.

Existe además toda una serie de instrumentos auxiliares de muy difícil clasificación, como convertidores, posicionadores, etc.

Variable medida	Función	Ejemplo
Las más habituales son: presión, nivel, caudal temperatura, nivel y composición	Indicación local de la variable medida	Manómetros Termómetros Niveles de vidrio
	Transmisión de una señal electrónica o neumática proporcional a la variable medida	Transmisores neumáticos Transmisores electrónicos
	Cierra o abre un contacto eléctrico o una pequeña válvula neumática al alcanzar la variable medida un valor predeterminado	Termostatos Presostatos

Rango:	Límites (inferior y superior) de medida de un instrumento.
Error:	Diferencia algebraica entre el valor indicado y el verdadero.
Precisión:	Capacidad de un instrumento de medida de medir sin error, en otras palabras, de decir la verdad. Se expresa en porcentaje del rango de medida.
Repetibilidad:	Capacidad de un instrumento para indicar la misma medida para un mismo valor medido en las mismas condiciones, en otras palabras, se puede decir que es la capacidad de contar la misma historia (la cual no tiene necesariamente por qué ser verdadera).
Linealidad:	Indica el grado de variación de la precisión de las medidas según en qué parte del rango se está haciendo la medida, se expresa en porcentaje de desviación de una línea recta.

Cuadro : Características de los instrumentos de medida

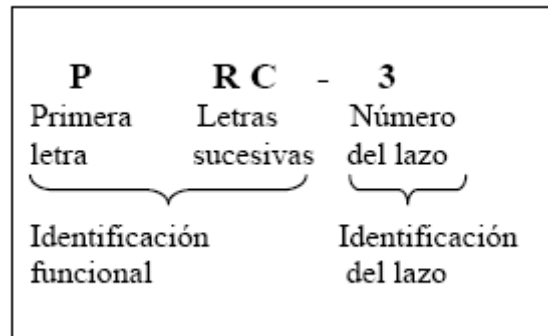
3.1.2. Representación de los instrumentos: ISA

Con el objeto de poder representar los instrumentos de medida y control en los esquemas de los procesos y diagramas (*P&ID*), debe emplearse una simbología que pueda proporcionar una información práctica sobre el tipo y función de cada uno de ellos, así como una referencia que puede ser requerida para otras aplicaciones.

La simbología más usada hoy en día y aceptada casi en todo el mundo, con ligeras variantes, es la que sigue el criterio dado por **ISA**.

Cada instrumento se identifica mediante un sistema de letras que lo clasifica en cuanto a la función, añadiéndole un número que establece la identidad del lazo. En general, este número resulta común con el resto de los instrumentos del lazo.

Una identificación típica para un regulador-registrador de presión es la siguiente:



Esta identificación típica se puede complicar añadiendo, codificada, información tal como la planta o área a la cual pertenece el lazo.

En el *Cuadro* se muestran los significados de las letras según su posición y algunos ejemplos de nomenclatura y simbología respectivamente.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

	PRIMERA LETRA		LETRAS SUCESIVAS		
	Parámetro medido	Modificación	Función pasiva	Función de salida	Modificación
A	Análisis		Alarma		
B	Llama		Disponible	Disponible	Disponible
C	Conductivid. Eléctr.			Control	
D	Densidad	Diferencial			
E	Tensión (EMF)		Elem. Primario medid.		
F	Caudal	Relación			
G	Medida dimensional		Vidrio		
H	Manual				Valor alto
I	Intensidad eléctrica		Indicador		
J	Potencia				
K	Tiempo				
L	Nivel		Lámpara		Valor bajo
M	Humedad				
N	Disponible		Disponible	Disponible	Disponible
O	Disponible		Orificio		
P	Presión				
Q	Cantidad	Totalización			
R	Radiactividad		Registro		
S	Velocidad	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Viscosidad			Válvula	
W	Peso		Vaina		
X	Varios		Varios	Varios	Varios
Y	Disponible			Relé	
Z	Posición			Elemento final de	

Cuadro: Nomenclatura ISA

3.2. Instrumentos de medida de nivel

3.2.1. Introducción

Uno de los parámetros más comunes e importantes en todo tipo de industria, es la medida y control de nivel de producto en los recipientes. Existen diversas formas para medir el nivel, esto se debe, principalmente, a que hay muchas variedades de productos, así como de recipientes, que pueden complicar algo que a primera vista parece muy simple.

A continuación se mencionarán algunos de los instrumentos para la medición de nivel, aunque finalmente se explicará el utilizado en la planta y por lo tanto el que más se ha desarrollado para este proyecto fin de carrera.

3.2.2. Los diferentes instrumentos de nivel

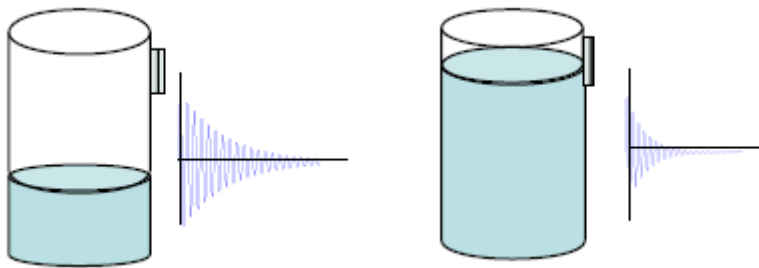
3.2.2.1 Medida por Ultrasonidos

Para el caso de la medición de nivel, existen igualmente dos métodos: medición por resonancia y medición por eco.

1) Resonancia.

Es sabido que un cuerpo tiene la capacidad de vibrar de una forma determinada de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas (composición, dimensiones, etc.), a esta forma particular de vibrar se le denomina *frecuencia natural*.

Cuando un cuerpo es sometido a una excitación mecánica, en este caso una onda sonora, de una frecuencia igual a su frecuencia natural, se produce el fenómeno llamado *resonancia*, que consiste en un aumento en la amplitud de oscilación del cuerpo en forma sostenida a causa de la excitación. Este fenómeno es aprovechado para la detección de nivel en un estanque.



Un aparato emisor de ondas sonoras es adosado a las paredes del estanque de tal manera que la onda de ultrasonido produce la vibración de éste. Mediante un proceso de calibración se ajusta la frecuencia del aparato a la frecuencia natural del estanque cuando está vacío, con lo que se obtiene una amplitud de oscilación como muestra la figura. Una vez que el depósito se llena con líquido, sus características mecánicas han cambiado y por ende su

frecuencia natural, en estas condiciones la amplitud de la vibración inducida por el aparato se ve amortiguada, pues ya no existe resonancia.

Así, el aparato envía una señal tipo on/off indicando si el depósito está vacío o no.

2) Eco (Tiempo de Retorno).

El eco se produce cuando una onda sonora que viaja en un medio se encuentra con una superficie y como resultado de ello, parte de ella retorna al medio. Esta reflexión es la que provoca el efecto habitualmente experimentado en habitaciones vacías, en que se puede oír una repetición retardada de nuestra voz al hablar.

Para el caso de la medición de nivel, la idea consiste en enviar un pulso de ultrasonido de tal manera que al incidir sobre la superficie parte de la onda es reflejada de regreso al medio y recibida luego por el transductor, como se ilustra en la figura:

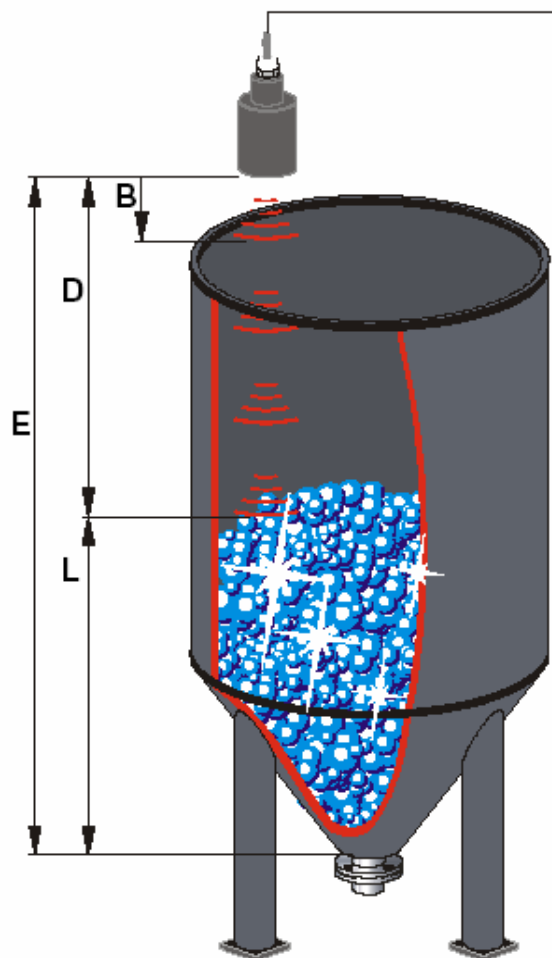


Fig. Detección de nivel por reflexión (eco).

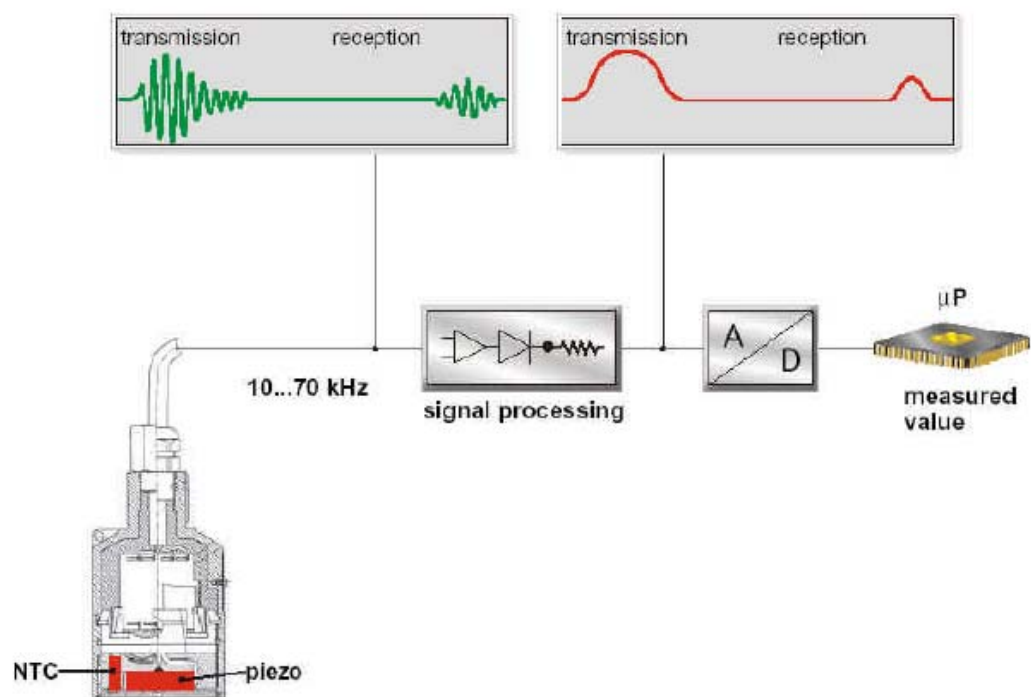
Entonces, la forma de determinar consiste en medir el tiempo que demora en ir y volver el pulso de ultrasonido. Esto se determina de acuerdo a la expresión:

$$D = \frac{t \cdot V_s}{2}$$

Como se puede deducir de la expresión, lo que en realidad se determina es el espacio vacío del estanque, sin embargo, se realiza una calibración al momento de instalar el sensor midiendo el fondo del estanque, y luego L se determina como:

$$L = E - D \quad (6)$$

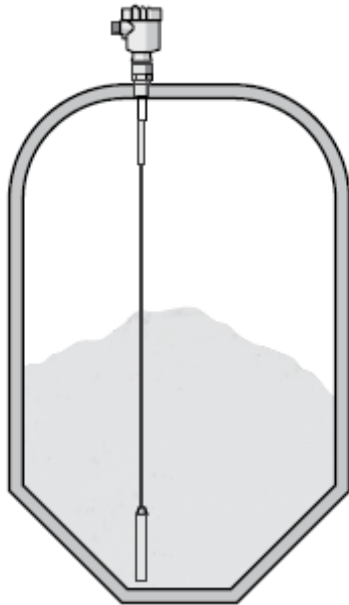
La distancia B corresponde a la *zona de bloqueo*. Esta zona varía de acuerdo a las características del sensor propiamente tal y se debe a que existe un tiempo mínimo que se requiere desde el momento en que se genera el pulso de ultrasonido y hasta que el transductor está en condiciones de recibir el pulso reflejado. Esta zona está típicamente alrededor de los 0.3 a 0.8 m.



3.2.2.1 Medida por capacidad

La sonda y el tanque forman las dos paredes de un condensador. Un cambio en el nivel genera un cambio de capacidad, que es procesado por la electrónica integrada, y convertido en una señal de salida.

La medida de nivel se realiza a través de la toda la longitud de la sonda sin ninguna zona muerta. Gracias a sus versiones con cable y barra, existen equipos adecuados para todo tipo de aplicaciones.



3.3. Instrumentos de medida de caudal

3.3.1 Introducción

Se define un elemento medidor de caudal como un dispositivo que sirve para determinar la cantidad de fluido que circula por una conducción en la unidad de tiempo.

Este valor se puede expresar en unidades de volumen o de masa, por ejemplo: **m³/min** o **kg/seg**.

La medición puede obedecer a diferentes fines: información, control automatizado de la planta, seguridad etc... Además, las medidas de caudal proporcionan una guía para detectar fugas, por fallos en las líneas o tuberías, o en otros equipos mecánicos. A estos efectos se ha estudiado para este proyecto una gran variedad de dispositivos cuyo funcionamiento obedece a distintos principios; cada uno de ellos tiene una serie de ventajas y limitaciones que lo hacen más o menos recomendable para su utilización.

La medida de caudal es una tarea compleja no ya sólo por la gran cantidad de medidores de caudal que existen en el mercado, sino también por los muchos factores que influyen en cada aplicación particular. La principal dificultad es decidir “cómo, dónde y cuándo” deben ser utilizados cada uno de los medidores existentes.

3.3.2 Elección medidor de caudal

Para definir correctamente el medidor de caudal para un servicio determinado se ha de disponer de un conocimiento completo de las características del fluido donde se va a medir. Las características mínimas son:

- Tipo de fluido y fase en que se encuentra, en condiciones de operación.
- Presión, temperatura y caudales (mínimo, normal y máximo).
- Densidad del fluido en condiciones de operación.
- Pérdida de carga máxima admisible.
- Conductividad eléctrica del fluido.
- Si el fluido es limpio o lleva partículas en suspensión.
- Si el área donde va a ir el transmisor de caudal está clasificada o es un área segura.

Por último, es muy importante que se tengan en cuenta las recomendaciones de los Fabricantes referente a la instalación y el régimen de flujo en la línea del Proceso, ya que una instalación incorrecta puede hacer que se obtengan datos totalmente erróneos, aunque el medidor esté bien seleccionado.

3.3.3 Medición por diferencia de presiones

El concepto básico de los medidores de presión diferencial se conoce desde hace varios siglos. Los primeros sistemas diseñados según estos conceptos básicos fueron el **tubo Pitot** (en el año 1732), y el tubo **Venturi** (en el año 1797). La tobera medidora de caudal se empezó a utilizar a finales del año 1800 y la placa de orificio se empezó a comercializar a principios del año 1900.

Realmente es el método más ampliamente utilizado para la medida de caudales en la industria.

El sistema de medida de presión diferencial consta fundamentalmente de dos elementos:

- El **elemento primario**, que produce una pérdida de carga relacionada con la velocidad, según la geometría del productor de presión diferencial, y la localización de las tomas de presión.

- El **elemento secundario**, consta de una unidad de medida de la presión diferencial y de un conjunto de tuberías que conecta la unidad de medida con el proceso.

En la actualidad, existe una gran variedad de elementos que utilizan el principio de que todo fluido que atraviesa una restricción, instalada en un conducto, incrementa su energía cinética a expensas de su energía de presión, basada en la fórmula de *Bernoulli*.

Teniendo en cuenta la presión diferencial ΔH , causada por el aumento de velocidad, y la ley de la continuidad que establece que:

$$Q = S \times v$$

S : sección de paso del fluido.

v : velocidad media del fluido.

Q : caudal que circula por un conducto.

Se llega a la relación:

$$Q = K H \Delta.$$

p : densidad del fluido en condiciones de operación.

Siendo **K** una constante que engloba el coeficiente de descarga y factores de corrección por variaciones del número de *Reynolds*, expansión, etc...

Los elementos más utilizados son: las Placas de Orificio, Toberas, Tubo *Venturi*.

Tubos de muy baja pérdida de carga, “LO-LOW Tube” (DALL TUBE) CONE...

Limitaciones en la aplicación de los sistemas de medida por presión diferencial:

- El rango de medida del caudal está limitado por la raíz cuadrada de la relación entre ΔH y el valor de caudal.
- La densidad debe ser conocida, medida, o calculada por medio de expresiones matemáticas.

La rangeabilidad de los sistemas de presión diferencial están limitados a un rango de 4:1 o a lo sumo 5:1.

Una variación de 5:1 del caudal significa una variación de 25:1 de la presión diferencial medida; esta medida es transmitida por un instrumento cuya exactitud está especificada como un porcentaje del rango máximo. La exactitud que resulta particularmente en valores de caudales reducidos puede verse afectada, lo que debe comprobarse con cuidado.

La importancia de los cambios de densidad en muchas aplicaciones con líquidos no es importante, pero con fluidos gaseosos puede introducir errores importantes.

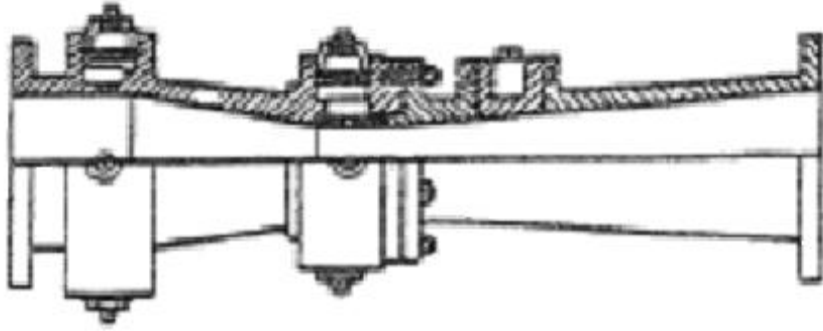
La mayor ventaja de los medidores de presión diferencial es que pueden aplicarse a un amplio campo de medida de líquidos y gases, y en un extenso rango de presiones y temperaturas.

3.3.3.1 Tubo Venturi

Una de las desventajas que presenta la placa de orificio es que produce una gran pérdida irrecuperable de presión. Otra desventaja es su poca precisión cuando se trata de medir fluidos con sólidos en suspensión y el inconveniente que supone colocar barreras al paso de estos fluidos. Tales inconvenientes se soslayan en el tubo Venturi.

El tubo Venturi es, en esencia, un tubo con una garganta que presenta una forma tronco-cónica aguas arriba y abajo de la misma. El **ángulo de entrada** suele ser de **21°**; ángulos mayores producirían cavitación en los líquidos al atravesar la garganta, y menores supondrían un tubo demasiado largo. El **ángulo de salida** está **entre los 7-9°** con el fin de recuperar el máximo de presión. La longitud de la garganta es la mitad de su diámetro.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.



3.4. Instrumentos de medida de temperatura

3.4.1 Introducción

Para medir la temperatura en éste proceso, se utilizan generalmente sondas que generan salida eléctrica, que puede dirigirse al transmisor o directamente al sistema de adquisición de datos, *datalogger* o sistema de control. En la mayoría de aplicaciones, el sensor propiamente dicho va colocado en una funda hermética, que es la que incorpora los elementos necesarios para ensamblar el sensor con el sistema de medición. Con todo, si el sensor es lo suficientemente robusto es más práctico utilizarlo sin protección, para obtener respuestas más rápidas o cuando se necesita un sensor de menos tamaño y menor coste.

El tipo de funda de protección o vaina dependerá de las condiciones que tenga que soportar, de su tolerancia química al medio, sus efectos contaminantes en el sensor y de la temperatura del medio.

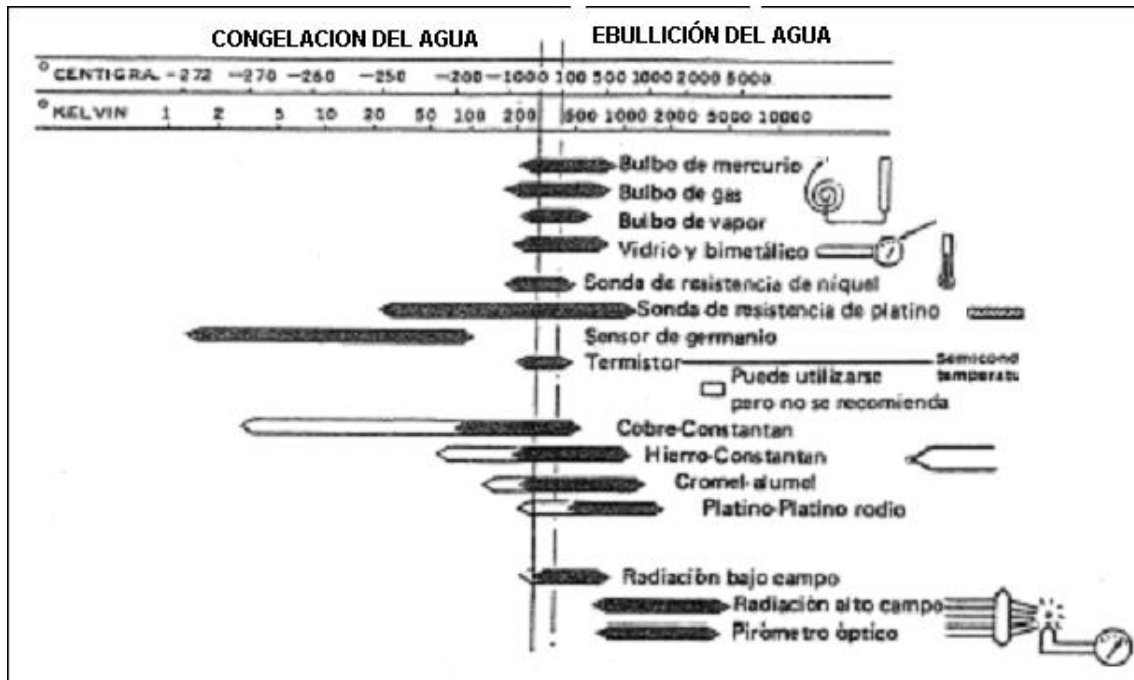
3.4.2 Instrumentos de medición de temperatura

A continuación y de manera introductoria, se describirán de manera breve los instrumentos de temperatura comúnmente empleados y más adelante se explicará, con más detalle y en el siguiente apartado, los dos más típicamente utilizadas y finalmente la elección final del elemento para ésta planta.

Los instrumentos de temperatura más utilizados en plantas y procesos son los siguientes:

- a) termómetro de vidrio,
- b) termómetro bimetálico,
- c) elementos térmicos de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor,
- d) pirómetros de radiación,
- e) termopares y
- f) termoresistencias.

En la *Figura* se puede comparar los instrumentos de temperatura y su intervalo de medida.



a. termómetro de vidrio: El termómetro de vidrio consta de un depósito de vidrio que contiene un líquido (mercurio, pentano, alcohol o tolueno) que al calentarse se expande y asciende en el tubo capilar. Los márgenes de trabajo varían desde -200 hasta $+450$ °C.

b. termómetro bimetálico: los termómetros **bimetálicos** contienen dos láminas bimetálicas unidas, rectas o curvas, formando espirales o hélices con metales de distinto coeficiente de dilatación y fijas por un extremo.

La diferencia de temperaturas provoca la expansión o contracción, y el movimiento correspondiente se transmite a la aguja indicadora. Estos instrumentos se utilizan en indicación, en algunos controladores todo nada y existen modelos que disponen de esfera orientable con el fin de facilitar la lectura en lugares de difícil acceso.

c. elementos térmicos de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor: los termómetros de este tipo consisten, esencialmente, en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expande y la espiral tiende a desarrollarse moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación de la temperatura en el bulbo. El bulbo y el capilar pueden estar totalmente llenos de líquido o de gas o parcialmente llenos de líquido. En este último caso, el líquido es volátil, con lo que al subir temperatura, aumenta su presión de vapor, cambiando la indicación en la escala del instrumento.

d. pirómetros de radiación: los **pirómetros ópticos** se basan en la desaparición del filamento de una lámpara al compararlo visualmente con la imagen del objeto enfocado. En los casos generales de medición

de temperatura es preciso tener en cuenta **el coeficiente de emisión o emisividad**, que es la característica relativa del cuerpo para emitir energía radiante comparada con la emitida por el denominado cuerpo negro; éste absorbe todas las radiaciones y no emite ninguna. El pirómetro recibe una energía radiante menor del 100% de la energía radiada por el cuerpo a una temperatura determinada, y realmente la temperatura leída es menor que la temperatura real del cuerpo.

e. termopares: se basan en la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura.

f. termorresistencias: se basan en el principio de que al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia del conductor que forma el elemento propio de la resistencia.

3.4.3 Termorresistencias

Una de las propiedades básicas de los metales es la variación de su resistencia eléctrica con la temperatura, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. En esta propiedad se basa el funcionamiento de la termorresistencia (**RTD₁₁**) que expresa, a una temperatura especificada, la variación de resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.

Las termorresistencias, más utilizadas se fabrican con alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo, que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

Las termorresistencias de platino son las más frecuentes en la Industria. Son las que pueden medir el rango más amplio de temperaturas, las más exactas y estables porque no se contaminan fácilmente por el medio en que se encuentran, y su relación resistencia/temperatura es más lineal que la de cualquier otro material, con la excepción del cobre. Se la calibra con una resistencia de 100 ohms a 0 °C (Pt100).

Cabe mencionar que algunos fabricantes calibran las termorresistencias según curvas de respuesta no normalizadas, lo que los convierte en seguros proveedores cuando se requieren sustituciones. De ahí la importancia de ajustar las instalaciones a las normativas, ya que justamente una de las grandes virtudes de las termorresistencias es la posibilidad de intercambiarlas sin tener que recalibrar el sistema de medición.

El aspecto exterior de las termorresistencias industriales es prácticamente idéntico al de los termopares. Se aplican las mismas consideraciones ambientales y de instalación y se debe prestar la misma

atención a los conceptos de presión, temperatura, ataque químico, abrasión, vibración, porosidad y velocidad de fluido, requiriéndose los mismos tipos de vainas de protección.

Los alambres de conexión de las termorresistencias pueden presentar configuración en circuito básico de dos cables con una conexión a cada extremo de la termorresistencia, en circuito estándar de tres cables, y con cuatro cables de conexión, lo que proporciona una mejor exactitud.

La interconexión entre las termorresistencias y los distintos instrumentos se realiza con cable común de cobre. En cambio, en el caso de los termopares anteriormente citados, se debe emplear cables especiales de compensación, de coste superior. La magnitud de la corriente de medición de una termorresistencia es crítica, porque si es muy alta tiene lugar un autocalentamiento, que originará errores en la medición.

Cuando una *RTD* se conecta a un controlador o a un acondicionador de señal, lo hace como un brazo de un puente, a través del cual pasa una corriente de excitación para desarrollar una señal de voltaje que varía con la temperatura. La máxima excitación de corriente utilizable en una determinada gama de temperaturas de medición la determina el autocalentamiento del sensor y los hilos, ya que de producirse causa errores de medición. Para producir la señal de mayor nivel que necesitan indicadores, alarmas o sistemas de control se requiere un acondicionador de señal, aunque algunos PLC o tarjetas E/S de PC integran acondicionamiento de señal y permiten conexión directa de *RTD*.

Para realizar estos acondicionamientos de señales, se mide con un circuito de puente de *Wheatstone* dispuesto en montajes denominados de dos y de tres hilos, según sea el número de hilos de conexión a la resistencia.

El más utilizado en la práctica es el montaje de tres hilos pues tiene la ventaja de que la medida no es afectada por causa de la variación adicional de la resistencia que supone la longitud de los conductores y la temperatura de los mismos, ya que estas variaciones afectan a la vez en dos brazos adyacentes del puente. Siendo la única condición, que la resistencia de los hilos **a** y **b** sea exactamente la misma, lo cual ocurre prácticamente en todas las instalaciones industriales.

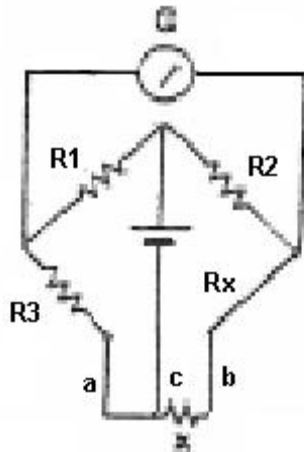
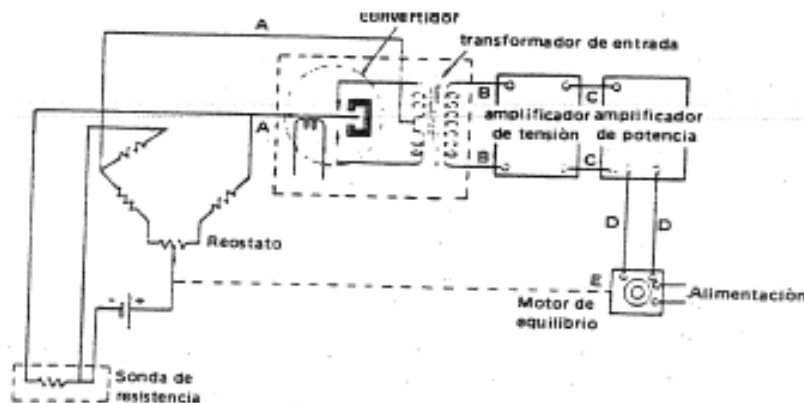


Fig. Puente de Wheatston

La medida automática de la resistencia y, por lo tanto, de la temperatura, se realiza en instrumentos auto equilibrados que utilizan un puente de *Wheatston*.

Ante un desequilibrio en el puente, la señal de error en AA es transformada en una tensión alterna BB que es amplificada en tensión y en potencia para excitar el motor de equilibrio E. Éste, mueve el brazo móvil del reóstato para equilibrar el puente, actuando a la vez sobre los mecanismos asociados de indicación, registro y control. Otros instrumentos utilizan un puente de capacidades, de funcionamiento análogo al del puente de *Wheatstone*.



La medición de la temperatura en proceso se efectúa con fines de detección de desviaciones para, caso de producirse, aplicar la correspondiente acción correctora. La señal correspondiente a la temperatura, entonces, tiene que llegar de alguna forma al sistema de control para que éste pueda actuar. Esto se realiza gracias a los transmisores, que se explicarán en otro apartado.

En la selección del sensor más apropiado a utilizar en una aplicación concreta intervienen el rango de temperaturas a medir, la precisión deseada, la velocidad de respuesta, los costes y los requisitos de mantenimiento.

3.4.5 Elección del sensor de temperatura

Como se ha explicado con anterioridad, la temperatura puede medirse mediante diversos procedimientos, y en cada uno de ellos se utiliza un determinado tipo de sensor. La elección de un procedimiento u otro dependerá de varios factores, entre los que cabe citar:

- Precisión y resolución requeridas
- Necesidades de intercambiabilidad
- Rango de temperatura
- Posibilidades del equipo de medición
- Costes
- Si la calibración individual compensa
- Compatibilidad con el entorno y aspectos generales que pueden afectar la fiabilidad y durabilidad del sensor.

También se opta por hacer lo que hacen los demás en el sector, el hecho es que cada sector tiene sus tradiciones en lo que a tipo de sensor que utiliza se refiere, aunque a veces se da el caso de que el sensor utilizado tradicionalmente no es el más adecuado para la aplicación concreta.

3.4.6 Fuentes de error en la medición de temperatura

En este apartado se pretende dar a conocer las fuentes de error más comunes a la hora del cálculo del propio sensor. Lógicamente estas fuentes son aplicables dependiendo de las condiciones de proceso o dónde estén situados en la planta por ello se explicarán de manera general.

3.4.6.1 Calibración del sensor

Los errores de calibración del sensor pueden ser errores de offset, escala y linealidad. Cada uno de estos tipos de error puede experimentar además una deriva con el tiempo y con los ciclos de temperatura. Las RTD de platino utilizadas se consideran los sensores estándar más precisos y estables, por lo que se utilizan como referencias de calibración. De la correcta calibración de un sensor depende su intercambiabilidad, o la posibilidad de sustituir un sensor por otro del mismo tipo sin recalibrar el sistema y sin que el error máximo de lectura sobrepase cierto valor (el de intercambiabilidad).

3.4.6.2 Gradiente térmico

Esta fuente de error aplica a los sensores de contacto, y puede ser relevante cuando se mide la temperatura de materiales con baja conductividad

térmica como el aire, los sólidos no metálicos y la mayoría de líquidos (que deben agitarse para una correcta medición de temperatura).

3.4.6.3 Conducción de calor en el cabezal del sensor

Los sensores de contacto están conectados mediante cables y estos cables son generalmente de cobre, un excelente conductor del calor que permite que el calor fluya hacia y desde el cuerpo del sensor, por lo que lo obligan a estar en mejor contacto térmico con el material cuya temperatura se desea determinar. Para solventar el problema se recomienda utilizar cables delgados, y colocarlos en o pegados al material cuya temperatura se desea medir.

3.4.6.4 Radiación

Como norma general, los sensores deben protegerse de las fuentes de energía radiante (por ejemplo la luz del sol, pero también cualquier objeto a temperatura distinta a la ambiente). Para evitar el problema se recomienda que la superficie exterior del sensor sea altamente reflectante de radiación infrarroja, lo que se consigue pintándola de blanco o con un acabado metálico brillante, que se proteja el sensor en lo posible y que se asegure un buen contacto térmico con el medio a medir.

3.4.6.5 Autocalentamiento del sensor

Las RTD y sensores de semiconductor funcionan mediante la aplicación de un voltaje. Esta corriente puede originar calentamientos en el sensor y entonces la lectura será superior a la real. Este efecto depende del tamaño del elemento sensor y del nivel de corriente. Valores típicos del efecto autocalentamiento oscilan entre 0,1 °C y 1,5 °C.

3.4.6.6 Ruido eléctrico e interferencias

Para evitarlo se recomienda utilizar el cable de par trenzado protegido, alejarlo de transformadores y maquinaria eléctrica e instalar filtros en el dispositivo de medida. Con todo, en algunos procesos industriales el ruido eléctrico obliga a la adopción de sensores sin contacto.

3.4.6.7 Condensación

En esta aplicación en la que la temperatura oscila, en algunas medidas, alrededor del punto de rocío pueden producirse condensaciones, que son fuente de errores intermitentes difíciles de detectar. La evaporación del condensado también puede originar errores de medición debido al efecto refrigerante. Por otra parte, la condensación puede corroer el sensor.

3.5. Instrumentos de medida de presión

3.5.1 Introducción

La presión se define como el valor de la fuerza que un fluido ejerce perpendicularmente sobre la unidad de superficie. Este valor se puede expresar en diversas unidades, siendo las más usadas: **kg/cm²**, **PSI** (libra/pulgada²), **mm c.a.** (milímetros de columna de agua), **mm Hg**, **bar** (=1,02 kg/cm²).

Por otro lado, se llama **presión relativa** al valor de la presión tomando como cero la presión atmosférica. Si este valor es positivo se emplea el término de presión relativa y si es negativo el término vacío. Finalmente se llama **presión absoluta** al valor de la presión tomando como cero el vacío absoluto.

Las razones para medir y controlar la presión de un fluido son muy variadas, siendo las más importantes:

- Protección de los equipos.
- Protección personal.

3.5.2 Elementos primarios de medida de presión

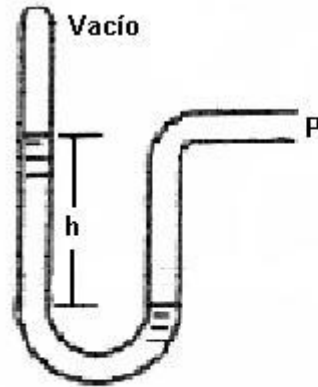
Para la medida de los términos de presión indicados existen en el mercado una gran variedad de elementos, según los rangos de presión y las características del fluido de proceso, aunque se pueden dividir en tres grandes grupos: elementos de columna de líquido, elementos electrónicos y elementos elásticos. Nuevamente se hará una pequeña explicación de cada uno de estos tipos y se centrará el estudio en los elementos elásticos que son los que se utilizan en la planta.

3.5.2.1 Elementos de columna de líquido

Consta de un simple tubo en **U** con una rama cerrada en la cual se ha hecho el vacío *Figura 26* y en la otra se aplica la presión *P* a medir. Para que haya equilibrio estático se tiene que cumplir:

$$P = h \cdot d$$

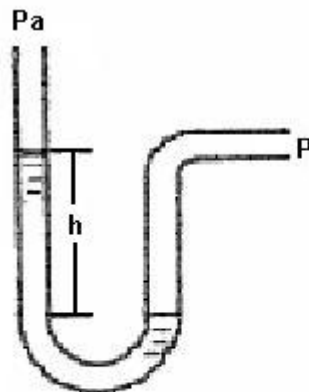
Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.



P = Presión absoluta.
h = Diferencia de nivel en las dos ramas.
d = Densidad del líquido.

Si en lugar de tener una de las ramas cerradas, se tienen las dos abiertas según indica la *Figura*, una de las ramas se deja en comunicación directa a la atmósfera (P_a) y a la otra se le aplica la presión de proceso (P), se tiene ahora:

$$P - P_a = h \cdot d. \text{ (} P - P_a \text{ presión relativa o manométrica.)}$$



P = Presión absoluta.
h = Diferencia de nivel en las dos ramas.
 P_a = Presión atmosférica

Estos elementos de medida de presión se usan solamente para medida directa de presiones, pero resulta incómoda la lectura, ya que hay que hacerla como diferencia de las lecturas en las dos ramas.

3.5.2.2 Elementos electrónicos

Dentro de este grupo se considera solamente el más empleado que es **la célula extensiométrica**, que se basa en el cambio de resistencia eléctrica que sufre un conductor al cambiar su forma como consecuencia de estar sometido a una fuerza. Normalmente, en éste elemento se necesita como receptor directo de la presión un elemento elástico, bien sea fuelle o diafragma. El esfuerzo que producen estos elementos al moverse, por la variación de la presión, se transmite al conductor, el cual sufre una deformación.

3.5.3 Elementos de tipo elástico

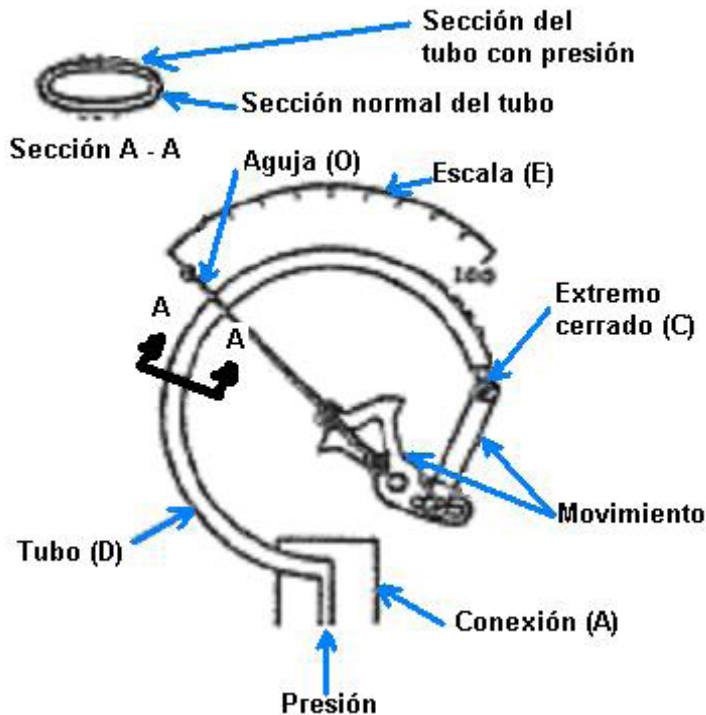
Hay tres tipos principales de elementos de medida de presión de tipo elástico, aunque solo se explica el primero que es el que se ha utilizado en este proyecto:

- Tubo Bourdon (el que se utiliza en la planta, manómetros)
 - a) Tipo “C”
 - b) Espiral
 - c) Hélice
- Fuelle
- Diafragma metálico

Básicamente, todos ellos tienen su fundamento en la **ley de Hooke**, que dice que “**por debajo del límite elástico, la deformación de un cuerpo es proporcional al esfuerzo aplicado al mismo**”. Una vez que el esfuerzo ha desaparecido, el cuerpo deformado recupera su posición inicial.

3.5.3.1 Tubo Bourdon tipo “C”

Este elemento de medida de presión fue inventado por el ingeniero francés *Eugene Bourdon*, y consiste en un tubo de sección elíptica y formando un arco de 250°. Cualquier presión en el tubo por encima de la externa o atmosférica, produce en el tubo un cambio en su perfil pasando a tener una sección más circular.



El efecto de la presión actuando dentro del tubo tiende a enderezarlo. Con la conexión (A) en la posición fija, la punta del tubo (C) se desplaza una pequeña longitud, de 2 a 12 mm, según el tamaño y el tipo de receptor. Por medio de las articulaciones, el desplazamiento del tubo se transmite al mecanismo, bien sea: aguja indicadora, transmisor, regulador, etc. La deflexión que experimenta el extremo libre del *Bourdon*, sometido a una determinada presión, depende: del radio de arrollamiento, de la longitud total del tubo, del espesor de pared, de los dos ejes de la sección elíptica y del módulo del metal.

El metal tradicional con que se construyen los tubos *Bourdon* es el bronce fosforoso, pero actualmente se han introducido otras muchas aleaciones para lograr límites elásticos más elevados, mayor resistencia a altas presiones, menor error de histéresis, o mejor comportamiento en cuanto a corrosión.

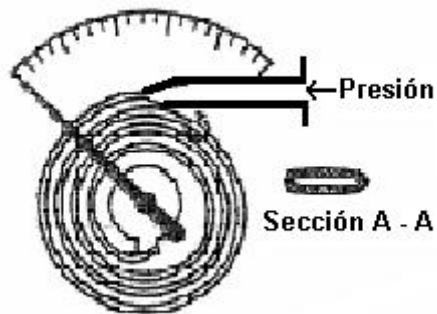
Aparte del error procedente de la transmisión, el propio *Bourdon* introduce causas de error debidas a la histéresis, influencia de la temperatura y recocido del tubo durante su soldadura a la toma de presión y al pivote de transmisión. Todos estos errores se tienen en cuenta a la hora de calcular o especificar el instrumento de presión que se elige.

La deformación del *Bourdon* puede emplearse para hacer girar una aguja indicadora (**manómetros**, la aplicación que se utiliza en esta planta), o para mover la paleta de un sistema tobera-paleta (transmisores neumáticos de presión) o para actuar un interruptor (presostatos), transmisores electrónicos, etc., utilizando el movimiento en distintos elementos transmisores.

3.5.3.2 Bourdon Espiral

En algunas aplicaciones, tales como transmisores de equilibrio de movimiento, no se tiene el suficiente desplazamiento disponible con el *Bourdon* tipo "C". En estos casos, se arrolla un tubo Bourdon normal en forma de espiral dándole varias vueltas en lugar de tener un arco de 250° de tubo convencional.

Un cambio de la presión dada, causa un movimiento mucho mayor que en el tubo tipo "C" y se mejora la precisión y la sensibilidad del elemento.



3.6. Instrumentos de medida de peso

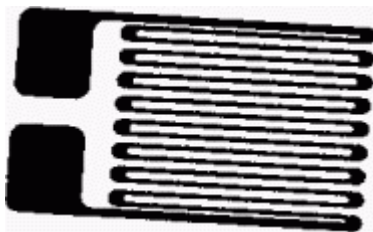
3.6.1 Introducción

El principio básico de una celda de carga esta basado en el funcionamiento de cuatro galgas extensiométricas (strain gauge), dispuestos en una configuración especial.

Galga extensiométrica

La galga extensiométrico es básicamente una resistencia eléctrica. El parámetro variable y sujeto a medida es la resistencia de dicha galga. Esta variación de la resistencia depende de la deformación que sufre la galga.

Se parte de la hipótesis inicial de que el sensor experimenta las mismas deformaciones que la superficie sobre la cual está pegada. El tensor está constituido básicamente por una base muy delgada no conductora, sobre la cual va adherido un hilo metálico muy fino, de forma que la mayor parte de su longitud está distribuida paralelamente a una dirección determinada, tal y como se muestra en la figura siguiente:



La resistencia eléctrica del hilo es directamente proporcional a su longitud, o lo que es lo mismo, su resistencia aumenta cuando éste se alarga.

De este modo las deformaciones que se producen en el objeto, en el cual esta adherida la galga, provocan una variación de la longitud y, por consiguiente, una variación de la resistencia.

Otro principio de funcionamiento de las galgas se basa en la deformación de elementos semiconductores. Esta deformación provoca una variación, tanto en la longitud como en la sección.

Este tipo de sensor semiconductor posee un factor de galga más elevado que el constituido por un hilo metálico.

Descripción constructiva

Existen dos tipos de galgas básicos:

a) De hilo conductor o lámina conductora

El sensor está constituido básicamente por una base muy delgada no conductora y muy flexible, sobre la cual va adherido un hilo metálico muy fino. Las terminaciones del hilo acaban en dos terminales a los cuales se conecta el transductor.

b) Semiconductor

Las galgas semiconductoras son similares a las anteriores. En este tipo de galgas se sustituye el hilo metálico por un material semiconductor. La principal diferencia constructiva de estas galgas respecto a las anteriores se encuentra en el tamaño; las galgas semiconductoras tienen un tamaño más reducido.

3.6.2 Características del sensor

Las principales características de las galgas son las siguientes:

Anchura y Longitud. Dichos parámetros nos proporcionan las características constructivas de la galga. Nos permite escoger el tamaño del sensor que más se adecue a nuestras necesidades.

Peso: Esta característica nos define el peso de la galga. Este suele ser del orden de gramos. En aplicaciones de mucha precisión el peso puede influir en la medida de la deformación.

Tensión medible: Es el rango de variación de longitud de la galga, cuando ésta se somete a una deformación. Este rango viene expresado en un tanto por cien respecto a la longitud de la galga.

Temperatura de funcionamiento: Es aquella temperatura para la cual el funcionamiento de la galga se encuentra dentro de los parámetros proporcionados por el fabricante.

Resistencia de la galga: Es la resistencia de la galga cuando ésta no está sometida a ninguna deformación. Es la resistencia de referencia y suele acompañarse de un porcentaje de variación.

Factor de galga: Factor de galga o factor de sensibilidad de la galga es una constante K característica de cada galga. Determina la sensibilidad de ésta. Este factor es función de muchos parámetros, pero especialmente de la aleación empleada en la fabricación.

Coefficiente de temperatura del factor de galga: La temperatura influye notablemente en las características. A su vez, cualquier variación en estas características influye en el factor de la galga. Este coeficiente se mide en $\%/^{\circ}\text{C}$, que es la variación porcentual del valor nominal del factor de galga respecto al incremento de la temperatura.

Prueba de fatiga: Esta característica nos indica el número de contracciones o deformaciones a una determinada tensión que puede soportar la galga sin romperse.

Material de la lámina: Esta característica nos define el material del que está hecho el hilo conductor o el material semiconductor.

Material de la base: Esta característica nos define el material del que está constituida la base no conductora de la galga.

Factor de expansión lineal: Representa un error que se produce en la magnitud de salida en ausencia de la señal de entrada, es decir, en ausencia de deformación. Este error depende de la temperatura ambiente a la que está sometida la galga.

3.7. Instrumentos de medida de vibración

3.7.1 Introducción

La medición de la Vibración se puede definir como el estudio de las oscilaciones mecánicas de un sistema dinámico. Las mediciones de vibración deben ser hechas con la finalidad de producir los datos necesarios, para realizar significativas conclusiones del sistema bajo prueba. Estos datos pueden ser usados para minimizar o eliminar la vibración, y por tanto eliminar el ruido resultante. En algunas aplicaciones, el ruido no es el parámetro a controlar, sino la calidad del producto obtenido por el sistema.

Un sistema de medición y procesamiento de señales de vibración por computadora típico, está formado por:

- a. Los transductores de vibraciones (*Acelerómetros, LVDTs, Sondas de Corriente Eddy*) los cuales son los encargados de transformar las vibraciones en señales eléctricas.
- b. Un sistema de acondicionamiento de señal, el cual se encarga de recoger las diferentes señales, amplificarlas y llevarlas a los niveles de tensión aceptados por el sistema de adquisición de datos.
- c. La tarjeta de adquisición de datos, la cual se encarga de digitalizar la señal, realizando para ello, un muestreo discreto de la señal analógica proveniente del acondicionamiento de señal, y de introducirla al computador donde se realizan diferentes tipos de procesamiento para obtener toda la información que se requiere para el análisis y monitoreo de las vibraciones de las máquinas.



Los transductores de vibración son empleados para medir la velocidad lineal, desplazamiento, proximidad, y también la aceleración de sistemas sometidos a vibración. En general, los transductores empleados en el análisis de vibración, convierten la energía mecánica en energía eléctrica, lo que significa que producen una señal eléctrica la cual esta en función de la vibración.

Estos pueden ser usados aisladamente, o en conjunto con un sistema de adquisición de datos. Se pueden encontrar en diversas presentaciones que pueden ser, elementos sensores simples, transductores encapsulados, o ser parte de un sistema sensor o instrumento, incorporando características tales como totalización, visualización local o remota y registro de datos.

Los transductores de vibración pueden tener de uno a tres ejes de medición, siendo estos ejes ortogonales. Al momento de seleccionar transductores de vibración es necesario considerar cinco características principales a saber: rango de medición, rango de frecuencia, precisión, sensibilidad transversal y condiciones ambientales.

El rango de medición puede ser en unidades “g” para la aceleración, en *pulgadas/sec* para velocidad lineal (*y otras distancias en el tiempo*), y *pulgadas* u otras distancias para desplazamiento y proximidad. La frecuencia es medida en Hz, (*Hertz*) la precisión es comúnmente representada como un porcentaje del error permisible sobre el rango completo de medición del dispositivo. La sensibilidad transversal se refiere al efecto que una fuerza ortogonal puede ejercer sobre la fuerza que se está midiendo, ésta sensibilidad también se representa como un porcentaje del fondo escala de la interferencia permisible.

Para las condiciones ambientales, se deben considerar variables tales como la temperatura de operación y la máxima fuerza de vibración y choque, que el transductor será capaz de manejar.

A continuación se muestran los diferentes tipos de transductores usados para la medición de vibración:

- **Transductores de Aceleración**
 - Acelerómetros Piezoresistivos
 - Acelerómetros Piezoeléctricos
- **Transductores de desplazamiento**
 - LVDTs
 - Corriente *Eddy*
 - Capacitivos
- **Transductores de velocidad**

LISTA DE INSTRUMENTOS

TALLER ELECTRICO E INSTRUMENTACION

MOLIENDA

POR	REV.	APROB.

TAG	DENOMINACIÓN	MARCA	TIPO	MODELO	SENSOR	RANGO	CONEXIÓN ALIMEN	SEÑAL	Nº
PDSH-001	PRESOSTATO SOBRE F.003.1	LANDIS	PD	QBM81		0-300 Pa	24Vdc	ED	52.696
PDSH-002	PRESOSTATO SOBRE F.027.1	LANDIS	PD	QBM81		0-300 Pa	24Vdc	ED	52.697
PDSH-003	PRESOSTATO SOBRE F.005.1	LANDIS	PD	QBM81		0-300 Pa	24Vdc	ED	52.698
PDSH-004	PRESOSTATO SOBRE F.014.1	LANDIS	PD	QBM81		0-300 Pa	24Vdc	ED	52.699
PDSH-005	PRESOSTATO SOBRE F.015.1	LANDIS	PD	QBM81		0-300 Pa	24Vdc	ED	52.601A
PDSH-041	PRESOSTATO SOBRE F.032.1	LANDIS	PD	QBM81		0-300 Pa	24Vdc	ED	52.602A
SSL-001	CONTROL DE GIRO TR-004.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.833
SSL-002	CONTROL DE GIRO TR-006.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.834
SSL-004	CONTROL DE GIRO TR-010.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.835
SSL-005	CONTROL DE GIRO TR-013.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.836
SSA-010	CONTROL DE GIRO TR-017.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.837
SSA-018	CONTROL DE GIRO TR-018.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.838
SSA-012	CONTROL DE GIRO M-020.2	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.839
SSL-019	CONTROL DE GIRO TR-021.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.840
SSA-014	CONTROL DE GIRO CL-022.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 12373			24Vdc	ED	46.841
SSA-017	CONTROL DE GIRO SIN-FIN F-023.4	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.842
SSA-016	CONTROL DE GIRO V/V ALVEOLAR F-023.5	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.843
SSL-040	CONTROL DE GIRO TR-026.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.844
SSL-041	CONTROL DE GIRO TR-028.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XSAV 11373			24Vdc	ED	46.845
SSL-042	CONTROL DE GIRO TR-029.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.846
ZS-001	CONTROL DESTENSADO TR-004.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XS1M30 PA370			24Vdc	ED	46.847
ZSH-002	DESIVIO DE BANDA TR-006.1	IESA	ELECTROMECAÁNICO	IE03			24Vdc	ED	46.848
ZSH-020	DESIVIO DE BANDA TR-010.1	IESA	ELECTROMECAÁNICO	IE03			24Vdc	ED	46.849
ZSH-005	DESIVIO DE BANDA TR-013.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XS1M30 PA370			24Vdc	ED	46.850
ZSH-021	DESIVIO DE BANDA TR-021.1	IESA	ELECTROMECAÁNICO	IE03			24Vdc	ED	46.851
ZSH-041	DESIVIO DE BANDA TR-028.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XS1M30 PA370			24Vdc	ED	46.852
ZSH-006	BY-012 CERRADA	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XS1M30 MA230			24Vdc	ED	46.853
ZSL-007	BY-012 ABIERTA	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XS1M30 MA230			24Vdc	ED	46.854
ZSH-016	RODILLO 1 ELEVADO	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.855
ZSH-017	RODILLO 2 ELEVADO	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.856
ZSH-045	TAJADERA VC-030 CERRADA	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.857
ZSL-045	TAJADERA VC-030 ABIERTA	TELEMECANICA	INDUCTIVO				24Vdc	ED	46.858
FSA-013	CONTROL FLUJO TR-017.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO	XS1M18 MB250			24Vdc	ED	46.859

TAG	DENOMINACIÓN	MARCA	TIPO	MODELO	SENSOR	RANGO	CONEXIÓN	ALIMEN.	SEÑAL	Nº
XS-005	DESGARRO CANGILÓN TR-013.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO					24Vdc	ED	46.860
XS-041	DESGARRO CANGILÓN TR-028.1	TELEMECANICA	INDUCTIVO					24Vdc	ED	46.861
HS-002	INTERRUPTOR DE TIRÓN TR-006.1	IESA	ELECTROMECAÁNICO	IE03				220 Vca	ED	46.862
HS-004	INTERRUPTOR DE TIRÓN TR-010.1	IESA	ELECTROMECAÁNICO	IE03				220 Vca	ED	46.863
HS-021	INTERRUPTOR DE TIRÓN TR-021.1	IESA	ELECTROMECAÁNICO	IE03				220 Vca	ED	46.864
LSH-005	ALTO NIVEL TR-013.1	E+H	CAPACITATIVO	FTC 231-G11B4	L= 1000mm			24Vdc	ED	52.693
LSA-010	ALTO NIVEL SILO	E+H	CAPACITATIVO	FTC731-B4	L= 174mm			24Vdc	ED	52.694
LSA-011	ALTO NIVEL FILTRO TOLVA MOLINO	FILSA	PALETAS					220 Vca	ED	52.606A
LSH-041	ALTO NIVEL TR-028.1	E+H	CAPACITATIVO	FTC 731-B4	L= 174mm			24Vdc	ED	52.695
LSH-045	ALTO NIVEL SILO	E+H	CAPACITATIVO	FTC 231-G11B4	L= 1000mm			24Vdc	ED	52.601
LSH-046	ALTO NIVEL SILO	E+H	CAPACITATIVO	FTC 231-G11B4	L= 1000mm			24Vdc	ED	52.602
PDA-014	PRESOSTATO PD UNIDAD LUBRICACIÓN	FLENDER		2F2		> 2 bar		24Vdc	ED	52.603A
PA-015	PRESOSTATO ACEITE UNIDAD LUBRICACIÓN	CCS		604G1		< 0.8 bar		24Vdc	ED	52.604A
PSA-016	PRESOSTATO ACEITE UNIDAD LUBRICACIÓN	CCS				< 0.5 bar		24Vdc	ED	52.605A
FSA-012	INTERRUPTOR CAUDAL ENTRADA ACEITE	ELETTA		S2-GL25		< 35 l/min		24Vdc	ED	46.865
TS-016	TERMOSTATO RESIST. CALEF. ACEITE M-020.3	EBERLE		17452		<15°C ON >21°C OFF		24Vdc	ED	52.607A
TS-017	TERMOSTATO RESIST. CALEF. ACEITE M-020.3	EBERLE		17452		>32 °C OFF		24Vdc	ED	52.608A
TSA-012	TERMISTOR TR-017.1							24Vdc	ED	52.316
TSA-024	TERMISTOR CL-022.1							24Vdc	ED	52.324
EV-7.1	ELECTROVÁLVULA CABINA HIDRAULICA	REXROTH	EV ASIENTO TN6	4WE6D6X/EW230N9K4					SD	49.020
EV-7.2	ELECTROVÁLVULA CABINA HIDRAULICA	REXROTH	EV ASIENTO TN6	M3SED6CK13/350CG205N9K4					SD	49.021
EV-7.4	ELECTROVÁLVULA CABINA HIDRAULICA	REXROTH	EV ASIENTO TN6	M3SED6CK13/350CG205N9K4					SD	49.022
TISA-015	TEMPERATURA ACEITE REDUCTOR M-020.2	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-100 °C				52.317
TISA-018	TEMPERATURA COJINETE REDUCTOR M-020.2	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-100 °C				52.318
TISA-019	Tª MOTOR MOLINO M-020.1 COJINETES	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.319
TISA-020	Tª MOTOR MOLINO M-020.1 COJINETES	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.320
TISA-021	Tª MOTOR MOLINO M-020.1DEVANADO	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.321
TISA-022	Tª MOTOR MOLINO M-020.1DEVANADO	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.322
TISA-023	Tª MOTOR MOLINO M-020.1DEVANADO	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.323
TISA-025	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 ACOUPLE	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.325
TISA-026	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 ACOUPLE	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.326
TISA-028	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 DEVANADO	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.327
TISA-029	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 DEVANADO	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.328
TISA-030	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 DEVANADO	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.329
TISA-031	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 COJINETE	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.330
TISA-032	Tª MOTOR MOLINO M-020.2 COJINETE	SIEMENS		7NG3020-3J-N00Z		0-150 °C		24Vdc	EA	52.331
TIRCSA-010	TEMPERATURA SALIDA MOLINO	E+H								
		ROSEMOUNT		3144		0-100 °C		24Vdc	EA	52.314
TISA-011	TEMPERATURA ENTRADA MOLINO	EIPSA								
		ROSEMOUNT		644HNAQ4		0-100 °C		24Vdc	EA	52.315

TAG	DENOMINACIÓN	MARCA	TIPO	MODELO	SENSOR	RANGO	CONEXIÓN	ALIMEN.	SEÑAL	Nº
PDIRSA-013	PRESIÓN DIFERENCIAL FILTRO F-023	SIEMENS	PD	7MF4422-1CA00-1AA1-Z		0-25 mbar		24Vdc	EA	52.113
PDIRCSA-010	PRESIÓN DIFERENCIAL MOLINO	SIEMENS	PD	7MF4422-1DA00-1AA1-Z		0-100 mbar		24Vdc	EA	52.110
PIRCSA-011	PRESIÓN ENTRADA MOLINO	SIEMENS	RELATIVA	7MF4422-1BA00-1AA1-Z		(-15/+5) mbar		24Vdc	EA	52.111
FIRCSA-010	CAUDAL GASES MOLINO	ROSEMOUNT	PD	3051S1CD1A2A11A1AE1M5Q4		0-42.50 mmca 0-80000 m3/h		24Vdc	EA	52.434
FIRCSA-011	CAUDAL GASES RECIRCULACIÓN	SIEMENS	PD	7MF9411-4BA-Z		0-6.22 mbar 0-30000 m3/h		24Vdc	EA	52.433
PICSA-012	PRESIÓN HIDRAULICA MOLINO	SIEMENS		7MF40221GA00AC1A02B11C11Y11		0-200 bar		24Vdc	EA	52.112
WIA-010	PESO SILO X-016	SCHENCK	TRANSMISOR	DISOMAT T FEN 0100		0-56400 Kg		220Vca	EA	
SISA-013	VIBRACIONES MOLINO	SCHENCK	GALGAS	RTN 33t	C:2.85mV/V				V	
LT-043	NIVEL SILO X-031.1	E+H	ULTRASONIDOS	VIBROCONTROL VC920	VS-68	0-50 mm/sg		220Vca	EA	46.882A
LT-044	NIVEL SILO X-031.2	E+H	ULTRASONIDOS	FMU860 R1A1A1	FDU85-RG1			220Vca	EA	52.201
ET-010	POTENCIA MOTOR MOLINO	ATW1	TI	FMU860 R1A1A1	FDU85-RG1			220Vca	EA	52.202
ET-011	POTENCIA MOTOR VENTILADOR	ATW1	TI			0-270 KW			EA	42.630
F-023.3	REGISTRO ASPIRACIÓN VENTILADOR	BERNARD	V/V MOTORIZ	ASP25 + GAMK		0-270 KW			EA	42.631
CP-024.1	COMPUERTA ENTRADA AIRE FRIO	BERNARD	V/V MOTORIZ	ASP50 + GAMK		0-100 %		220Vca	ED/EA/SA	53.460A
CP-024.2	VÁLVULA COMPUERTA CHIMENEA	BERNARD	V/V MOTORIZ	BS100+GAMK		0-100 %		220Vca	ED/EA/SA	53.461A
ST-011	VELOCIDAD CL-022.1	SIEMENS	VARIAD. FRECUEN	65E3223-5DH40		0-100 %		220Vca	ED/EA/SA	53.462A
ST-015	VELOCIDAD TR-017.1	SIEMENS	VARIAD. FRECUEN	65E3221-0DC40		0-100 %		24Vdc	SA	42.433
								24Vdc	SA	42.432

Capítulo 4: Sistemas de Control y comunicaciones en la Unidad de Molienda

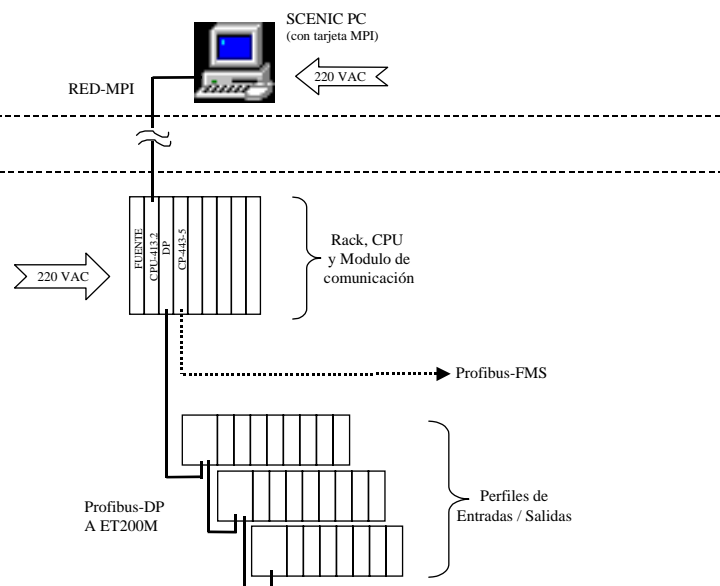
4.1 Introducción

En este último capítulo se expondrá el estudio que se ha realizado tanto para el Control como para las comunicaciones de los distintos instrumentos y equipos de la planta.

4.2 Descripción del sistema de control

Todas las operaciones de la planta se controlan, como norma general, desde la Sala de Control Central.

- **Sistema de Control Distribuido (DCS):** sirve para controlar y supervisar las operaciones de la planta. Es un sistema basado en el control de procesos y en la adquisición de datos.



4.3 Comunicaciones

4.3.1 Transmisores

Tradicionalmente, en la medición de muchas variables (por ejemplo la temperatura) intervenían el sensor propiamente dicho y los cables de extensión, que partiendo del cabezal del sensor, llevaban la señal bajo nivel (*ohm* o *mA*) procedente del sensor hasta el sistema de control.

Se consideraba que esta solución era más fácil y barata que, colocar un transmisor a la salida del sensor para amplificar y acondicionar la señal del mismo y transmitirla posteriormente al sistema de control mediante el par de cable trenzado. El transmisor, debido a consideraciones de coste, se reservaba para los ciclos y aplicaciones en la que la integridad de la señal y del propio ciclo era indispensable.

Actualmente existen en el mercado transmisores inteligentes y altamente funcionales para montaje en campo cuyo precio es comparable al del cableado directo.

Estos transmisores inteligentes permiten además considerables ahorros en tiempo de mantenimiento, especialmente cuando el punto de lectura está mucho a mucha distancia del sistema de control. Por otra parte, los cables de extensión del sensor, a parte de ser frágiles, son mucho más caros que el cable de cobre blindado normal que se utiliza para la señal 4-20 mA, por lo que también pueden conseguirse ahorros en cableado.

Típicamente, en una planta de proceso como la de éste proyecto, se utilizan distintos tipos de sensor, por lo que hay que tener distintas tarjetas de entrada al *DCS* o *PLC*. El microprocesador incorporado en los transmisores inteligentes, en cambio, permite configurarlo para incorporar diversas entradas de sensor. Su salida 4-20 mA se envía directamente al *DCS*, *PLC*, *Scada*, etc. Estos transmisores pueden incorporar además varios protocolos (*DE*, *HART* y *Foundation Fieldbus*, aunque solo se ha trabajado con *HART*), lo que posibilita el intercambio abierto de datos con dispositivos de campo inteligentes.

4.3.2 Protocolo comunicación

Con lo expuesto en el apartado anterior sobre los transmisores, a continuación se explicará el sistema que se emplea en esta planta para comunicar los distintos instrumentos entre si, el protocolo *HART*.

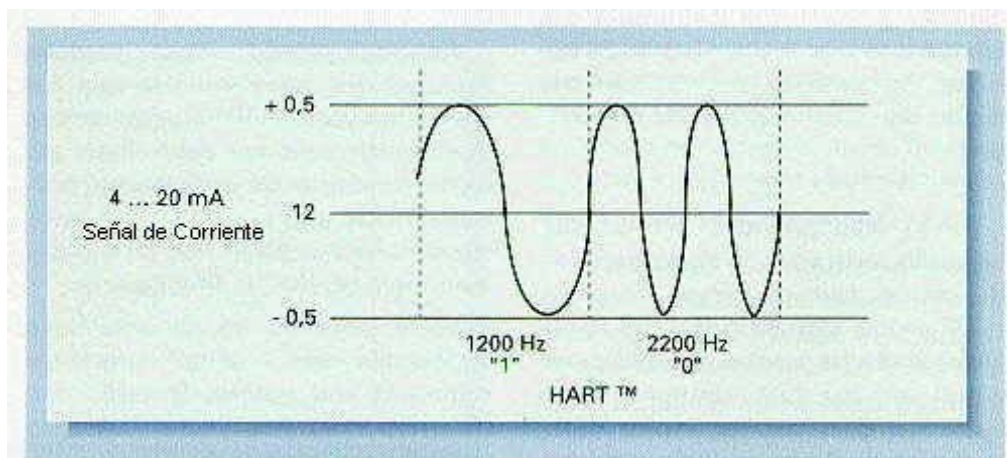
4.3.2.1 Introducción

El protocolo de comunicación *HART* se introdujo por primera vez por la compañía *Rosemount Inc.* en 1986 como un estándar de diseño exclusivo para la comunicación de transmisores. Desde esa fecha, este protocolo ha adquirido

amplia popularidad, y ahora constituye uno de los estándares de facto de mayor desarrollo para la instrumentación de campo de procesos.

El motivo de la aceptación obtenida por el protocolo se debe a las ventajas que ofrece *HART* al usuario. Es un protocolo de comunicación que se puede usar en los existentes sistemas de control de 4-20 mA con gastos mínimos para su implementación. Se pueden utilizar los actuales cableados de campo y las Salidas y Entradas de sistemas de control. Debido a que *HART* combina la señalización analógica y digital, el protocolo ofrece un control notablemente rápido de la variable primaria y permite la transmisión simultánea de información que no sea de control.

HART usa una técnica de codificación por modificación de frecuencia (*SFK*, por sus siglas en inglés) para sobreponer comunicación digital en el bucle de corriente de 4-20 mA que conecta el instrumento de campo con el sistema de control. Se utilizan dos frecuencias (1.200 Hz y 2.200 Hz) para representar un 1 y un 0 binarios.



Estos tonos se sobreponen a la señal *DC* a un bajo nivel. La señal *AC* tiene un valor promedio de cero. Por ello, no se registra ningún cambio de *DC* en la señal existente de 4-20 mA, independientemente de los datos digitales. En consecuencia, el instrumento puede seguir utilizando la señal analógica 4-20 mA para control de procesos y la señal digital para información que no sea de control.

HART también ofrece la posibilidad de funcionar en multipunto, pudiendo conectarse hasta 16 instrumentos en el mismo par de líneas. Sin embargo, la señalización digital de *HART* alcanza 1.200 baudios, lo cual limita el número de aplicaciones que pueden utilizar el multipunto para control de procesos. La función multipunto de *HART* tiene una efectiva aplicación como por ejemplo, los transmisores múltiples de temperaturas que se han explicado con anterioridad, permitiendo la vigilancia del proceso.

4.4 Lazos de Control

El control analógico se realizará mediante los siguientes lazos de control:

Presión diferencial del molino

La presión diferencial del molino es una indicación indirecta que equivale al material crudo dentro del molino. Esta variable se controla actuando sobre la velocidad de alimentación al molino. El alimentador de cadena de arrastre tiene un convertidor de frecuencia que actúa desde el Sistema de Control para manejar el equivalente de material crudo que alimenta el molino.

Variable a controlar: Presión diferencial del molino (PDIRCSA-010)

Actuación de variable: Velocidad del alimentador de cadena de arrastre (SO-TR.017.1).

Presión de entrada al molino

La Presión de entrada al molino debe encontrarse en valores por debajo de la presión atmosférica. La presión de entrada al molino se controla actuando sobre la posición de la compuerta instalada en la chimenea. El punto de referencia de este lazo de control se fijará algunos milibares por debajo de la presión atmosférica.

Variable a controlar: Presión de entrada al molino (PIRCSA-011)

Actuación variable: Posición compuerta chimenea - compuerta "A" (CP.024.2)

Caudal de gases del molino

La medida de caudal de los gases a través del molino debe controlarse por medio de las válvulas ubicadas en los conductos, y es proporcional a la capacidad de molturación de la planta. El caudal de gases del molino se controla actuando sobre la posición de la compuerta de entrada al ventilador del molino.

Variable a controlar: Caudal de gases del molino (FIRCSA-010)

Actuación variable: Posición compuerta registro ventilador - compuerta "E" (F.023.3)

Presión hidráulica del molino

La presión hidráulica del molino debe estar dentro del rango de operación. La presión hidráulica del molino se controla actuando sobre la bomba hidráulica, poniéndola en marcha o paro, y actuando sobre la válvula solenoide 7.2.

Variable a controlar: Presión hidráulica de los rodillos del molino (PICSA-012)
Actuación : Bomba de presión hidráulica (M.020.4) y las válvulas solenoides 7.1, 7.2 y 7.4

Temperatura de salida del molino

La temperatura de salida de molino se relaciona directamente con la humedad residual del material molido, por tal motivo es muy importante el control de la temperatura en este punto. Para controlar esta variable se contara con el control de la posición de una válvula de entrada de aire frío.

Variable a controlar: Temperatura de Salida del Molino (TIRCSA-010)
Actuación: Válvula de entrada de aire frío (CP.024.1).

4.5 Sistema de Emergencia (ESD)

En la instalación de Molienda se dispone de los instrumentos anteriormente adecuados para garantizar la seguridad y un funcionamiento eficaz.

Los equipamientos / válvulas e instrumentos de los tanques podrán ser monitorizados desde diferentes emplazamientos:

- La sala de mandos de la Planta (*DCS*)
- Control local de las válvulas motorizadas
- Control local de los motores mediante botoneras.
- Visualización local de todas las variables de medida.

Ante un fallo de tensión se seguirán visualizando todas las variables de medida, ya que el PLC está alimentado por un SAI, solo se pararán los motores.

Ante un fallo del PLC, se pararán todos los equipos, ya que todos los motores tienen un relé de permiso que cae al no haber tensión, evitando la marcha de equipos sin control.

4.6 Sistema de Supervisión Instalado

El programa WinCC es un software de supervisión de procesos con el cual se puede visualizar y manejar los procesos automáticos de una forma clara y sencilla.

El núcleo del programa WinCC comprende un sistema básico que presenta todas las funciones importantes de manejo y visualización del proceso. Este sistema básico se encuentra formado por los siguientes módulos con funciones específicas:

Control Center

Permite un acceso rápido a todos los datos del proyecto y los ajustes principales del mismo. Este módulo es el núcleo del programa WinCC y tiene las siguientes tareas esenciales:

Arranque de las aplicaciones de configuración y runtime, y administrar los datos de configuración y los ajustes del sistema.

Ajustes globales del proyecto.

Gestión de variables (tags), retención en memoria de los sinópticos del proceso y comunicación con los PLC's.

Graphics Designer

Es el módulo principal a través del cual se puede personalizar la visualización y el manejo de los gráficos desde los cuales los operadores actúan sobre el proceso. El interface de operador se basa en el sistema operativo Microsoft Windows NT, lo que le confiere gran facilidad y sencillez de uso.

Alarm Logging

A través de este módulo se adquieren, gestionan y archivan los eventos y las alarmas del proceso. Cuando se activa este módulo comienza el tratamiento cronológico de las alarmas y eventos. Las alarmas entrantes se señalizan de forma óptica ó acústica y pueden imprimirse de acuerdo con un formato predefinido.

Tag Logging

Es el módulo encargado del almacenamiento de los valores actuales medidos por el proceso. Dentro de este módulo se definen las distintas variables a almacenar en archivos históricos así como el método de archivo

seleccionado. Los datos almacenados pueden visualizarse en forma de tablas y curvas de tendencias.

Report Designer

El Report Designer permite pasar a papel los datos registrados por el resto de los módulos así como la documentación del proyecto. El formato y diseño de la documentación puede ser personalizada a través de este módulo. La documentación e informes generados pueden imprimirse de forma controlada por tiempo o por evento.

Global Scripts

Los Global Scripts permiten abrir el sistema diseñado por el usuario y configurar acciones especiales para los objetos incluidos en las pantallas de visualización. Constituye una herramienta de programación abierta que ofrece una base para añadir soluciones particulares del usuario.

User Administration

La misión del User Administrator es asignar y supervisar los derechos de acceso. Así, determinadas funciones del sistema pueden habilitarse o inhibirse para determinados usuarios.

Una vez que el sistema se activa en operación en modo runtime las herramientas de configuración no están disponibles para los operadores.

4.7 Sinópticos

Los criterios de diseño de los sinópticos persiguen tres objetivos básicos:

- Monitorizar variables
- Facilitar la identificación de anomalías
- Facilitar la operación del sistema de supervisión

En base a ello se definen los tipos de sinópticos o pantallas que a continuación se describen.

Pantalla general

Representación esquemática de la planta que permite el acceso del operador a las distintas pantallas de proceso definidas para la instalación y a la supervisión de las alarmas. También posibilita el acceso a las pantallas de las variables analógicas y de las máquinas representadas en dicha pantalla.

Pantallas de proceso

Representación esquemática detallada de cada una de las partes existentes en la instalación de molienda. Permiten al operador la supervisión, tanto digital como analógica, de todas las variables que intervienen, y detectar las posibles anomalías que se producen. También permiten el acceso, además de a todas las opciones comentadas para la pantalla anterior, a las pantallas de los grupos de arranque definidas para cada una de las partes de la instalación.

Pantallas de grupo de arranque

Formadas por el listado de todas las máquinas y elementos que forman la secuencia de arranque/paro de dicho grupo de arranque, permitiendo conocer el estado de cada una de ellas.

Pantalla de máquina

Permiten conocer el estado de cada una de las señales de entrada y salida de la máquina, la existencia o no de alarmas, estado de las variables internas, fallos y enclavamientos.

Pantalla de variable analógica

Permiten al operador la monitorización de las variables de entrada analógicas y el estado de sus alarmas.

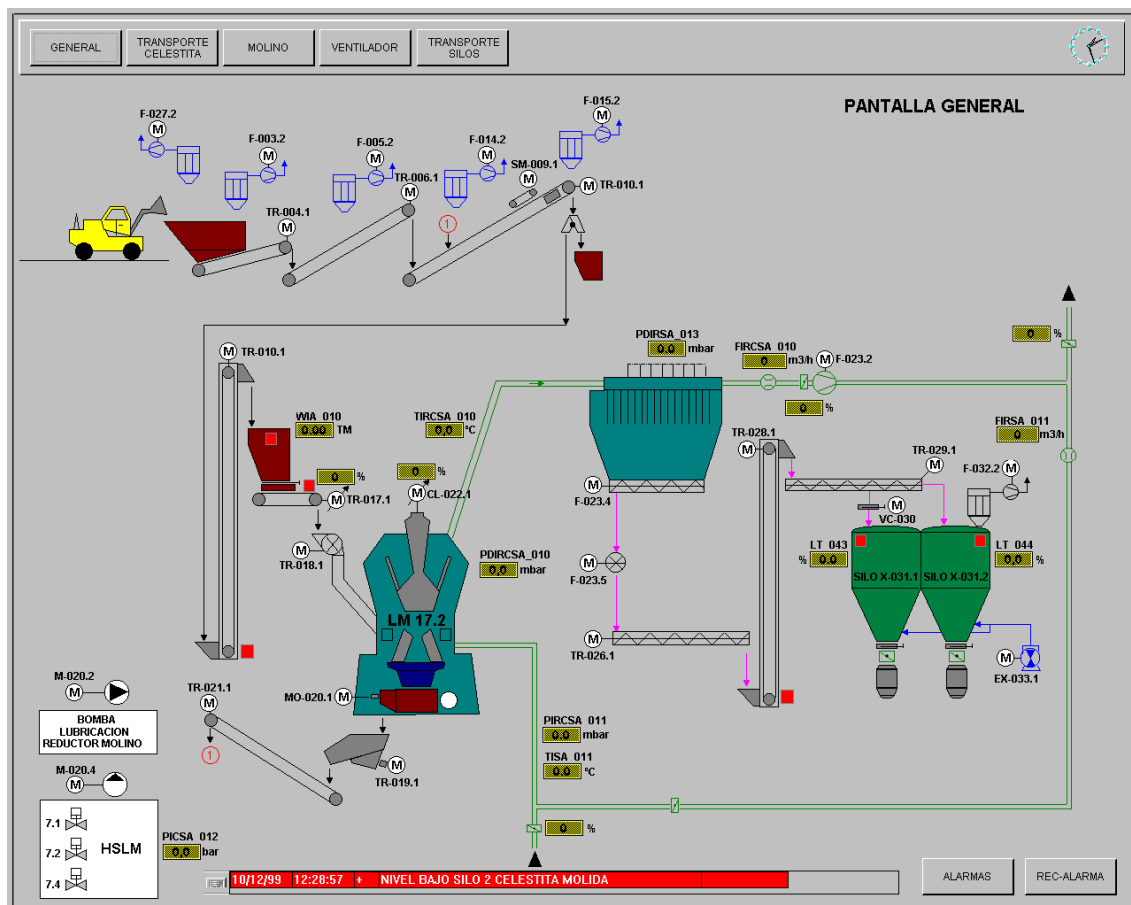
Pantallas de lazos de control

Permiten al operador el acceso a la modificación del modo de funcionamiento del lazo de control (MANUAL/AUTO), la modificación de su consigna (SP) en el modo de funcionamiento AUTO y la modificación de la acción de control (OUT) en el modo de funcionamiento MANUAL.

En los siguientes apartados se describe cada uno de estos tipos de pantallas.

Las pantallas diseñadas para la supervisión de la planta de molienda constan de dos zonas diferenciadas: Barra de botones y zona de dibujo y presentación de la información.

Pantalla General:



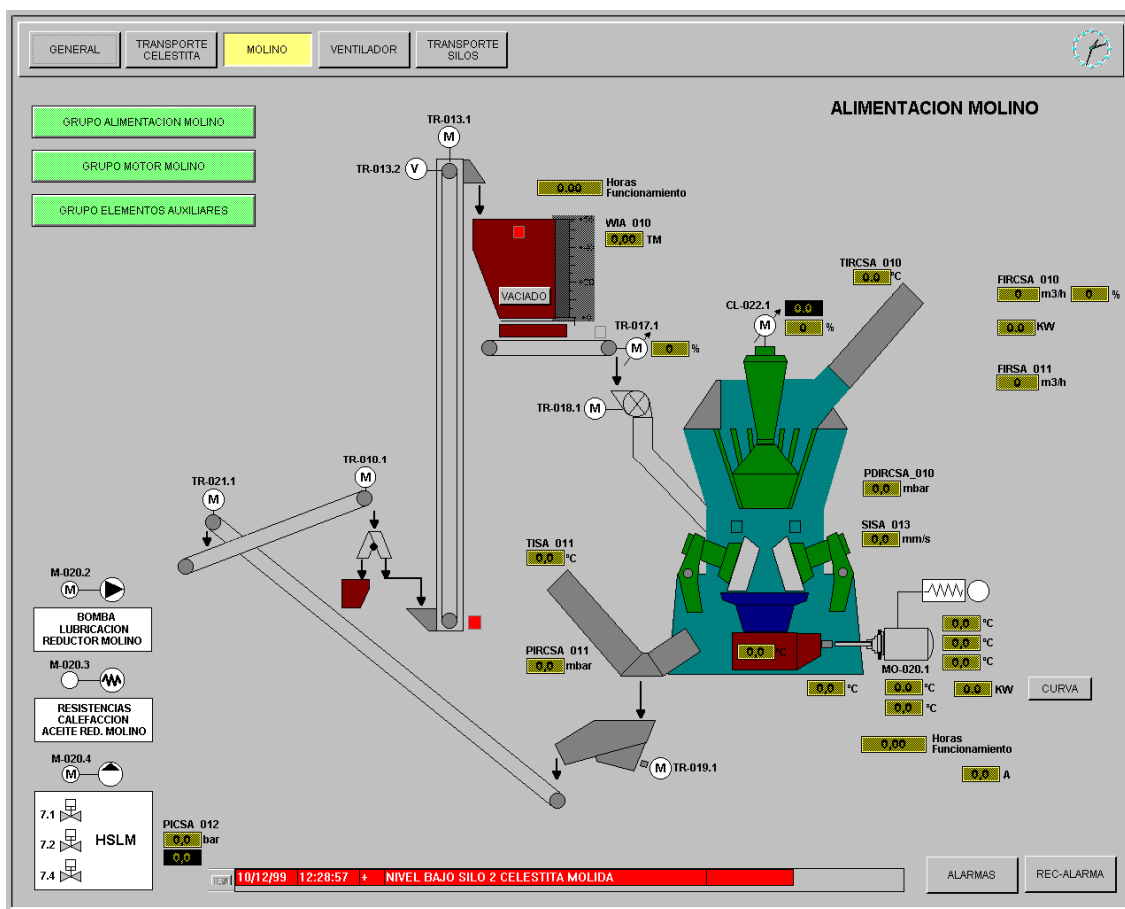
En la barra de botones, como su nombre indica, se disponen los botones que constituyen la llave de acceso a las pantallas de proceso.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

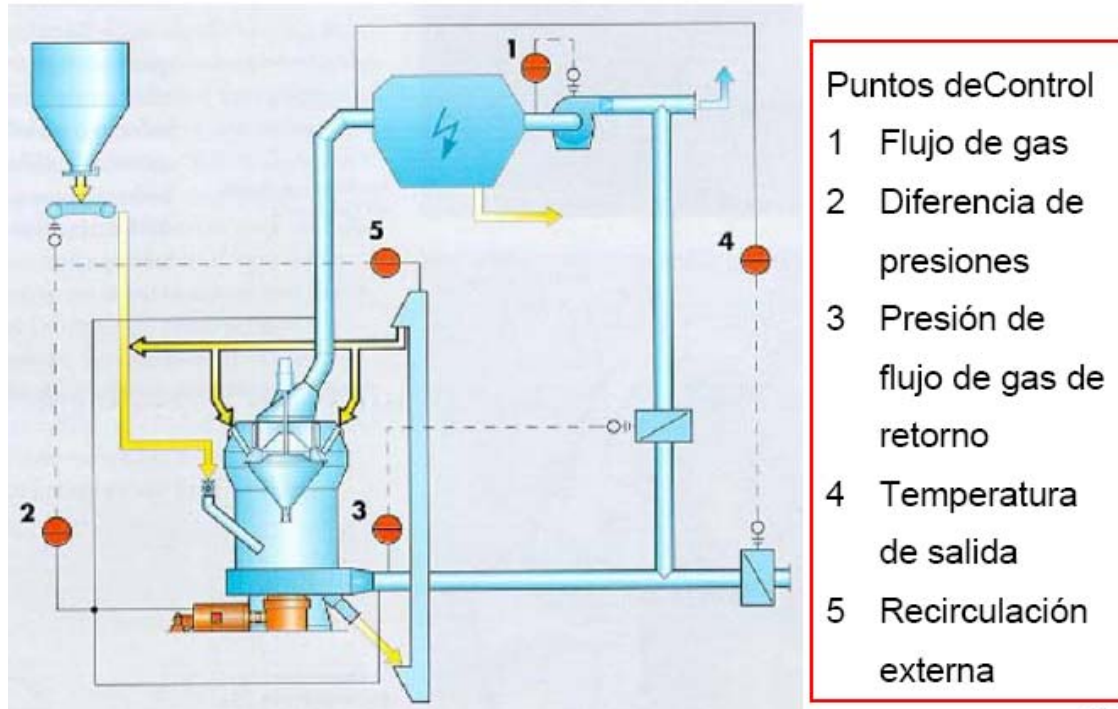
En la zona de presentación de la información se representa de forma esquemática la instalación completa de la planta de molienda, incluyendo todas las máquinas y valores analógicos y digitales. Asimismo se incluyen los botones de acceso a la pantalla de supervisión de alarmas y el de reconocimiento de las alarmas memorizadas.

La pantalla general se ha definido con la idea de ofrecer la mayor información posible de las señales analógicas y máquinas existentes en la instalación.

Pantalla de Proceso:



4.8 Filosofía de Control

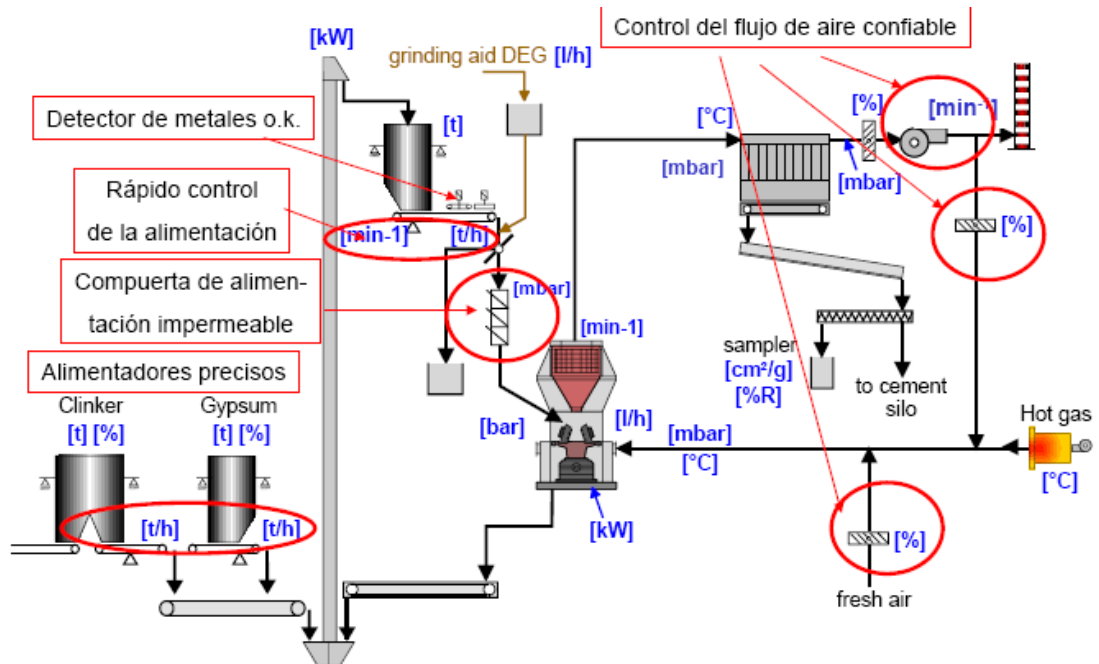
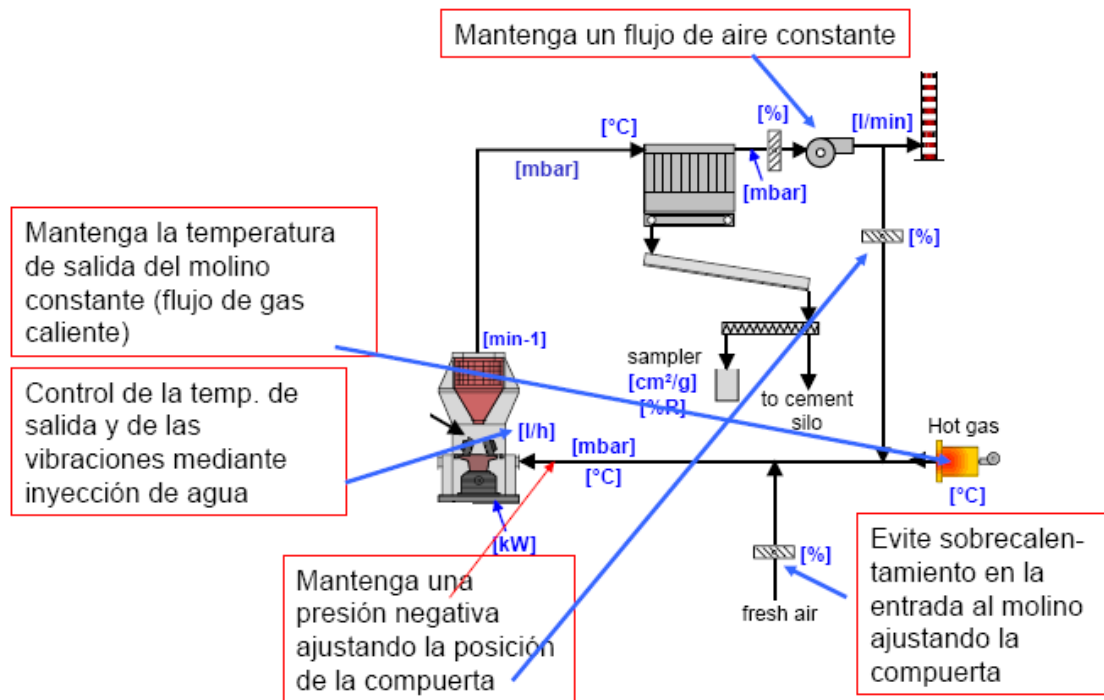


Puntos importante del Control de la Molienda:

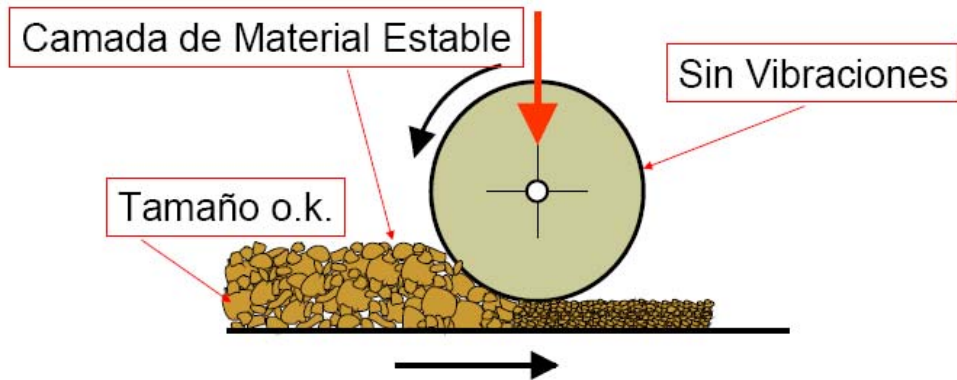
Mantenga constante: KW accionamiento, caída de presión a través del molino y la granulometría, mantenga vibraciones bajas mediante:

- Cambios de alimentación
- Adaptación de la ventilación
- Ajuste de la presión hidráulica
- Ajuste de la velocidad del separador

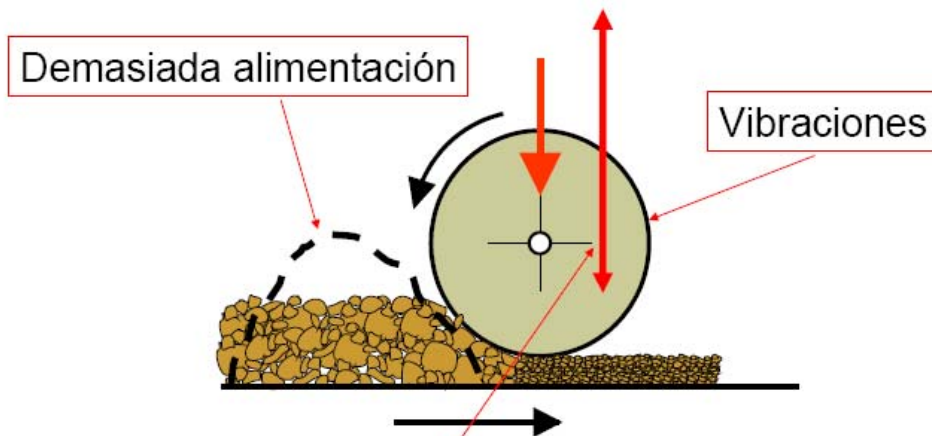
Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.



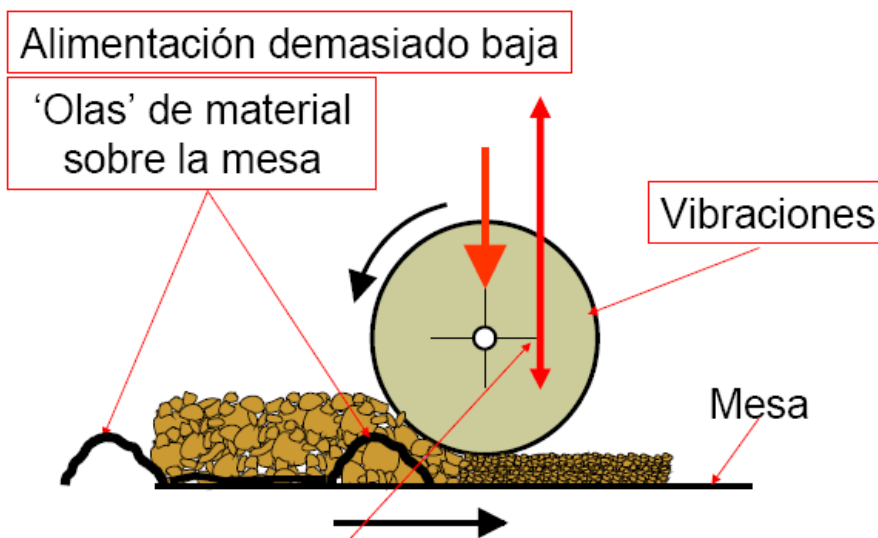
Control de Vibración de los Rodillos:



Tamaño máximo piedras: 5-8 % del \varnothing de los rodillos



Rodillos 'brincan' => VIBRACIONES



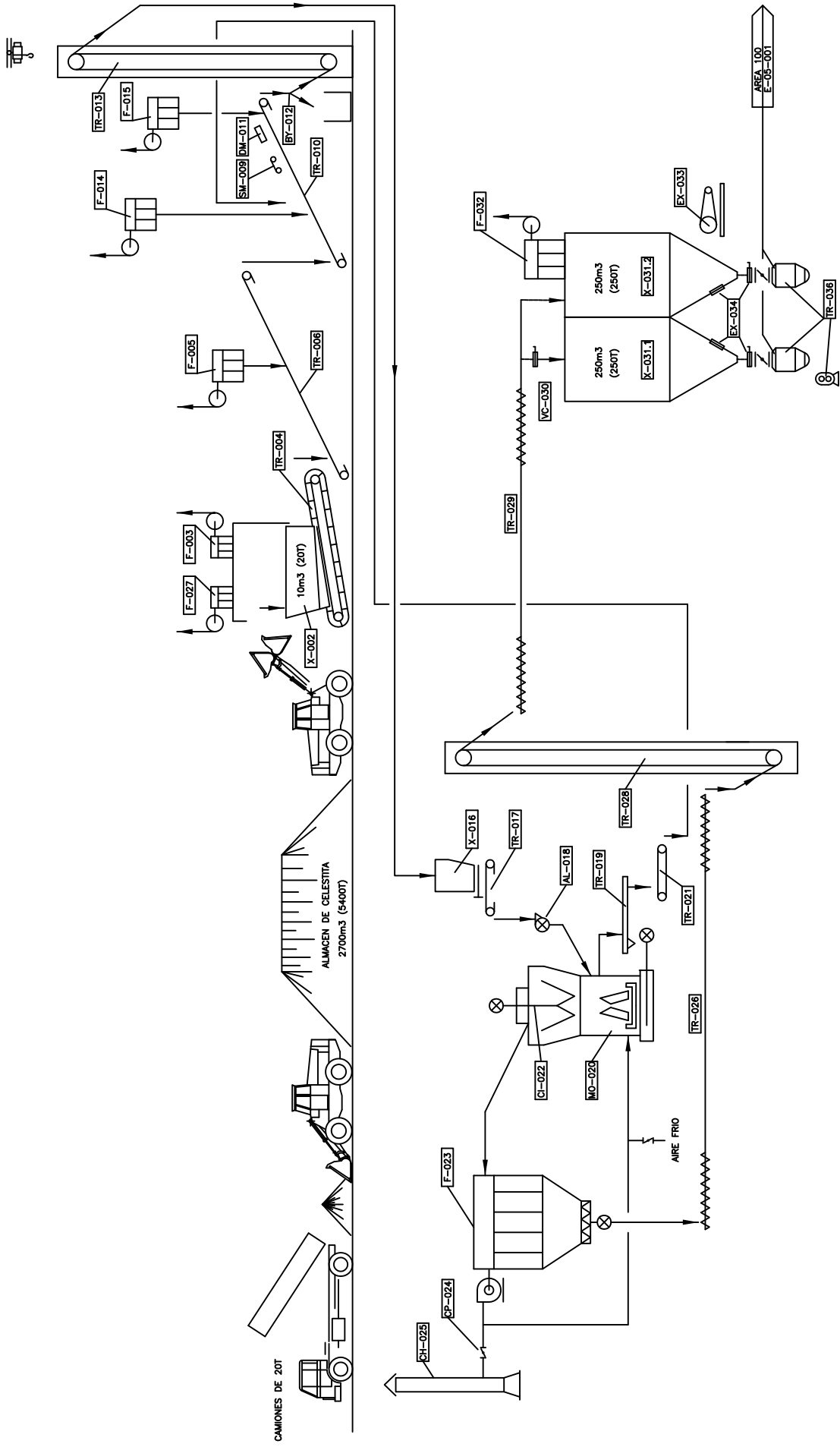
Rodillos 'brincan' => VIBRACIONES

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Modificación de Parámetros:

Parámetro	Impacto sobre				
	Finura	Secado	Vibración	Caida de Presión	Producción
Alimentación	BAJA	ALTO	ALTA	ALTA	ALTA
Ventilación	ALTA	ALTO	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Presión Rod.	BAJA	NO	ALTA	NO	BAJA
Vel. Sep.	ALTA	NO	BAJA	BAJA	MEDIA

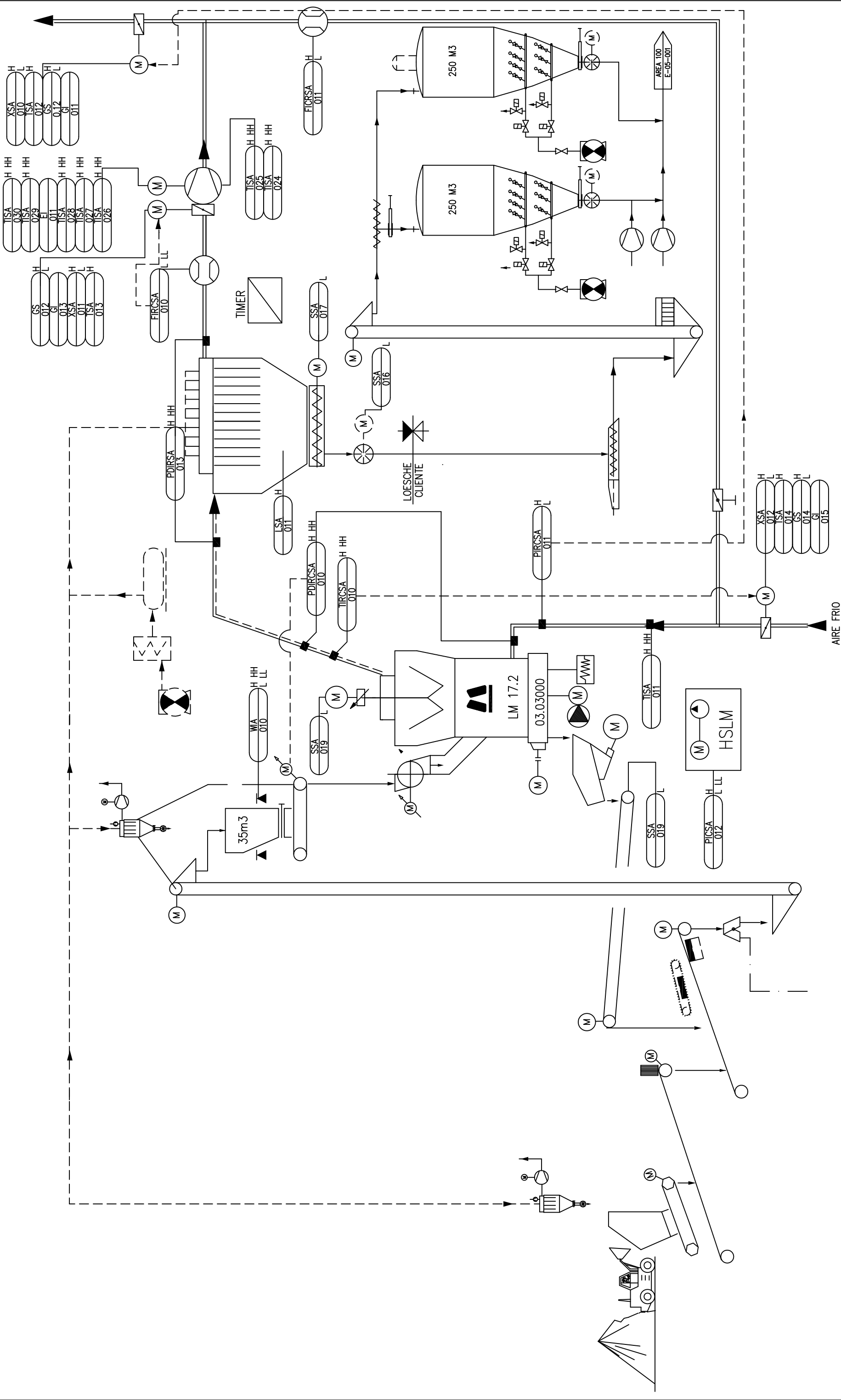
Valor de Proceso	Acciones Correctivas
KW, Accionamiento molino bajo	Aumente la alimentación
KW, Accionamiento molino alto	Reduce la alimentación
KW, Elevador de cangilones alto	Reduce la alimentación
KW Elevador de cangilones bajo	Aumente la alimentación
Vibraciones altas	Aumente la inyección de agua / ajuste la alimentación
Producto demasiado grueso	Aumente la velocidad del separador
Producto demasiado fino	Reduce la velocidad del separador
Presión alta, entrada del molino	Cierre la compuerta de recirculación
Presión baja, entrada del molino	Abre la compuerta de recirculación
Presión antes del filtro y/o KW del ventilador del molino están bajando	Aumente la velocidad del ventilador del molino para mantener la ventilación constante
Presión antes del filtro y/o KW del ventilador del molino están aumentando	Reduce la velocidad del ventilador del molino para mantener la ventilación constante
Temperatura después del molino demasiado alta	Reduce el flujo de gas caliente / Si posible, aumente la alimentación / Abre la compuerta de aire fresca / Aumente la inyección de agua si así se requiere
Temperatura después del molino demasiado baja	Cierre la compuerta de aire fresca / Reduce la inyección de agua / Aumente el flujo de gas caliente / Si está en máximo, reduce la alimentación



PLANTA DE MOLIENDA

ESQUEMA DE LAZOS DE CONTROL

Fecha: _____ DMCP _____



Plano No. _____

PART NAME: _____

Capítulo 5: Descripción de los Sistemas Mecánicos

5.1 Cintas transportadoras

Consisten en una lámina sinfín (extremos unidos) plana y flexible, hecha de tela, goma, cuero o metal, estirada entre dos poleas que la hacen girar. El material se dispone en la parte superior de la banda para transportarlo. El lado de arriba de la banda, que hace el trabajo, es soportado mediante rodillos locos o por travesaños de deslizamiento. Algún dispositivo debe mantener la tensión en la banda, que se estira o afloja con el uso.

Se usarán cintas cóncavas. La banda es soportada por rodillos de forma que los bordes se elevan con respecto al centro, formando una concavidad. Esto aumenta la capacidad de transporte. El retorno de la cinta es plano, soportado por rodillos rectos. Pueden cubrir distancias de decenas de metros.

Se usarán para la alimentación al molino.

Partes de una cinta

- Banda.
- Rodillos.
- Estructura de soporte.
- Poleas.
- Mecanismo tensor.
- Alimentador.
- Descargador.
- Limpiadores.

Banda: Es el elemento esencial, el que transmite el movimiento al producto. Normalmente están hechas con un tejido base de poliéster/nylon (EP), nylon (NN), algodón, pvc o acero, cubierto con goma sintética. Tejido y cubiertas deben escogerse en base a la resistencia a la tracción, a los cortes, a los aceites y al fuego.

Rodillos: Consisten en cilindros de metal que giran sobre rodamientos anti-fricción. Existen dos clases de rodillos en una cinta

- De trabajo: Son los rectos en el tramo superior y los que están en el retorno. Soportan carga.
- De dirección: En las cintas cóncavas mantienen los bordes levantados. En las cintas planas mantienen la banda centrada.

Estructura: Normalmente se usa una estructura en celosía, aunque también puede ser en cajones igual que los transportadores de arrastre,

cuando la cinta es cerrada. Otra opción es con vigas a lo largo que sostengan los soportes de los rodillos.

Poleas: Cada cinta transportadora necesita al menos dos poleas. Habitualmente una es motriz y la otra es de tensión. En muchos casos pueden requerirse más poleas, para cambiar la dirección o para transmitir más potencia.

Se presentan dos diseños habituales. La polea engomada brinda mayor tracción y se usa como motriz. La polea jaula de ardilla es autolimpiante y se usa como guiada.

Dispositivos de tensión: Con el uso la banda se estira, lo que podría llevar a mal contacto con poleas y rodillos, mayor fricción y desgaste. Para evitarlo se usan dispositivos que mantienen la tensión o permiten ajustarla. Suelen ser de gravedad o de tornillo.



Dispositivos de alimentación: Para un buen trabajo de la cinta es necesario que el producto no caiga fuera de la banda durante la carga. Para eso se dispone una tolva con faldones de goma.

Dispositivos de descarga: La cinta puede volcar directamente en su extremo final o puede requerir algo más complejo. Un tripper es un dispositivo móvil que permite descargar en cualquier punto del recorrido. Puede ser un “arado” que desvía el producto al rozar la banda o puede ser un conjunto de rodillos que invierte la banda volcando el contenido en un canal lateral.

El arado también puede usarse para limpiar la banda en el retorno.

Terminales de transferencia: En un transportador largo, la dirección se puede cambiar mediante una terminal de transferencia, donde el producto se descarga de un transportador y se carga en el segundo.

5.2 Transportadoras de Tornillo Sin-fin

Los transportadores de tornillo sin fin son un sistema capaz de mover materiales a granel, prácticamente en cualquier dirección, proporcionando variedad de opciones para su manejo de manera eficaz y confiable

Se utilizarán para el manejo del producto molido.

Las principales características de este tipo de tornillos sin fin son las siguientes:

- Funcionamiento sin generación de polvo.

El sistema de transporte está totalmente sellado durante su funcionamiento. Debido a que no se utiliza aire como medio de transporte, no hay riesgo de contaminación por polvo o humedad de la atmósfera.

Además, la presencia de polvo puede ocasionar no solo contaminación del aire sino que también puede representar una amenaza para el entorno de trabajo.

- Cuidadosa manipulación del producto.

La espiral rotatoria que se ubica en el centro del tubo de transporte mueve lentamente el material sin estropearlo y elimina el riesgo de disgregar el producto mezclado.

- Mezcla constante.

La acción del tornillo sin fin garantiza una mezcla constante

- Simplicidad en el diseño.

La única pieza móvil es la espiral accionada por el motor que gira dentro de un tubo sellado para mover los materiales dentro del mismo. Todo esto conlleva a un sistema con bajos costes de instalación y elevado rendimiento y eficacia.

La única pieza móvil: la espiral

- Fácil de limpiar.

Invirtiéndose la marcha del motor eléctrico se puede vaciar el transportador de material residual y después se añadirá agua a presión o una solución de limpieza. Si fuera necesario, también se podría extraer el espiral del tubo de una manera fácil y rápida, para reducir el tiempo de parada.

5.3 Elevadoras de Cangilones

Elemento para transporte continuo de productos pulverulentos o granulosos entre dos puntos.

Evita la rotura del grano y la disgregación.

Construcción en forma "Z" para evitar obstáculos en la zona de paso.

Constan de una cinta o cadena motora accionada por una polea de diseño especial (tipo tambor) que la soporta e impulsa, sobre la cual van fijados un determinado número de cangilones. El cangilón es un balde que puede tener distintas formas y dimensiones, construido en chapa de acero o aluminio y modernamente en materiales plásticos, de acuerdo al material a transportar. Van unidos a la cinta o cadena por la parte posterior, mediante remaches o tornillos, en forma rígida o mediante un eje basculante superior cuando trabajan montados sobre cadenas para transporte horizontal.



Estos elevadores irán previstos con un motor con electro-freno para evitar en la parada el retroceso.

Los elementos que complementan el elevador son:

- Bandejas de carga y descarga del material
- Plataforma de mantenimiento del cabezal
- Rientas tensoras con muertos de anclaje
- Distribuidor con comando a nivel piso
- Compuertas laterales para mantenimiento de la banda, limpieza y reemplazo de cangilones.

La capacidad de la mayoría de los equipos se expresa en toneladas/hora, ya que es la unidad que mejor se ajusta a las dimensiones de las instalaciones.

La velocidad de la banda es una variable muy importante para el correcto funcionamiento del equipo. Si gira muy rápido, el material no descarga correctamente y en caso contrario, el material cae por los tubos del elevador.

5.4 Válvula Alveolar Rotativa

El sistema de alimentación al molino, consiste en el ingreso del material a moler y de los gases de transporte; el material a moler se alimenta al molino a través de una válvula rotatoria, incorporada a la entrada del molino. Este es un elemento de cierre y dosificación de materiales mediante distribuidor giratorio. Presta dos funciones que son requerimientos en la alimentación; provee un flujo constante de mineral y es un sistema hermético, es decir, impide el ingreso de aire.



El flujo de masa a través de una válvula rotatoria está dado por:

$$m = V \cdot \rho_s \cdot \delta \cdot n \cdot 60$$

De donde:

m = Flujo de masa en kg/h

V = Contenido efectivo del rotor en m^3

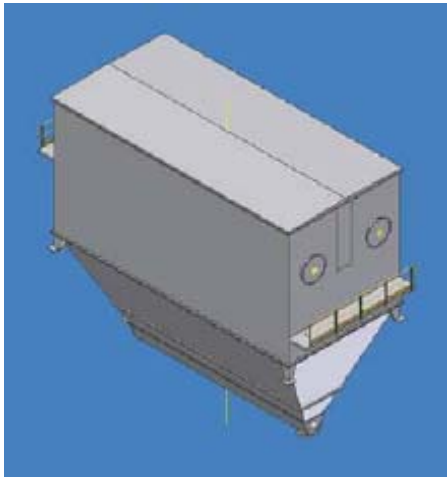
ρ_s = Densidad de polvo del material transportado en kg/m^3

n = Revoluciones por minuto de la válvula rotatoria en min^{-1}

δ = Tasa de llenado (0.3-0.8)

5.5 Filtro de Mangas

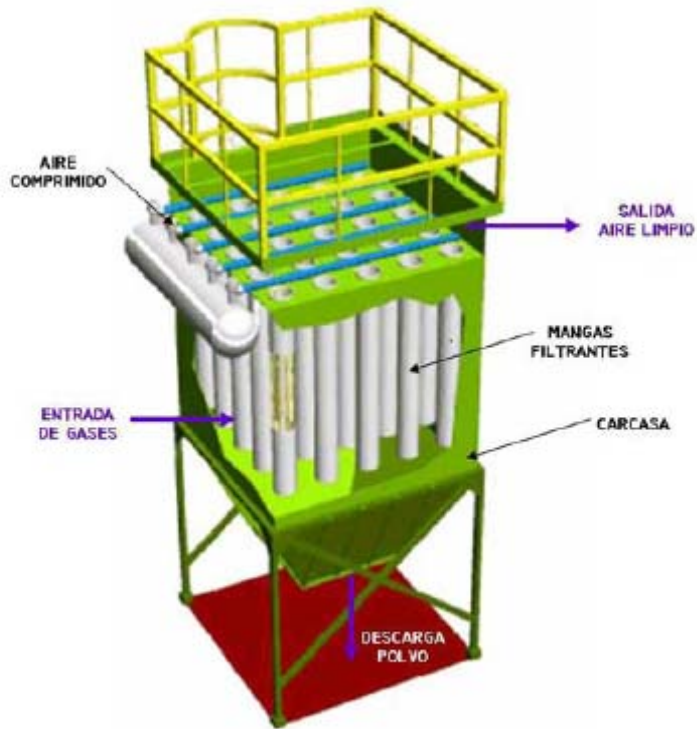
El filtro de mangas es el dispositivo usado para separar el producto molido del gas de recirculación del molino, su función consiste en recoger las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa, esto se consigue haciendo pasar dicha corriente a través de un tejido, nos servirá como medio para que el aire de transporte usado en los diferentes sistemas de la instalación pueda ser filtrado.



La separación del sólido se efectúa haciendo pasar el aire con partículas en suspensión mediante un ventilador, a través de la tela que forma la bolsa, de esa forma las partículas quedan retenidas entre los intersticios de la tela formando una torta filtrante. De esta manera la torta va engrosando.

El filtro consta de dos cámaras, la de aire sucio y la de aire limpio, el aire con partículas en suspensión debe pasar a través de un medio poroso que retiene el producto molido y permite el paso del aire mediante un ventilador que fuerza el flujo. Este medio poroso lo forman una serie de mangas soportadas por jaulas metálicas, una placa perforada separa ambas cámaras y soporta las mangas filtrantes de forma que el aire pasa a través de las mangas pero el polvo permanece en ellas quedando las partículas retenidas entre los intersticios de la tela. La masa de polvo adherida a las mangas va engrosando con lo que aumenta la pérdida de carga del sistema. Para evitar disminuciones en el caudal es necesario realizar una limpieza periódica de las mangas. La limpieza de las mangas se lleva a cabo mediante la inyección de aire comprimido; introduciendo, en contracorriente y durante un breve periodo de tiempo un chorro de aire a alta presión mediante una tobera conectada a una red de aire comprimido, de esta forma es posible tratar altas concentraciones de polvo con elevadas eficacias. Mediante este tipo de filtro se pueden tratar mezclas de difícil separación en una unidad compacta y económica, con mayor eficacia que los otros tipos de filtros. Durante el ciclo de limpieza el polvo cae por gravedad en la tolva situada bajo la cámara de aire sucio y es transportada por transportadores sin-fin hacia las tolvas de producto molido. El aire limpio fluye por el espacio exterior de las mangas y se lleva por una serie de conductos hacia la chimenea de escape.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.



5.6 Separador de Metales tipo Overband

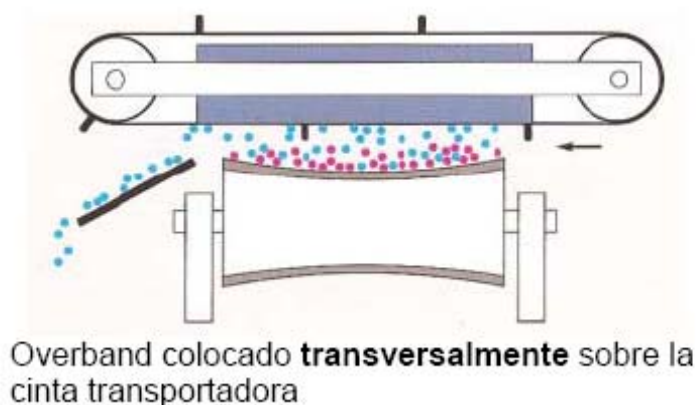
El separador electromagnético de limpieza automática (Overband) está diseñado para extraer y recuperar las piezas ferromagnéticas que se encuentran entre el material que circula por una cinta transportadora. Se compone por un potente electroimán que forma a su vez la estructura principal o cuerpo soporte de una pequeña cinta nervada que envuelve al electroimán.

Unos pequeños bastidores solidarios al electroimán soportan los tambores motriz y de reenvío y el motorreductor para el arrastre de la cinta. Los separadores electromagnéticos de limpieza automática (Overband) serán utilizados en caso de realizar una evacuación automática del material, asegurando una gran recuperación del material férrico.

La pieza ferromagnética que circule por la cinta transportadora, al entrar en el campo magnético generado por el electroimán, es atraída y asciende hasta la cinta que rodea al electroimán.

Los nervios de esta cinta arrastran a las piezas férricas hasta sacarlas del campo magnético generado por el electroimán en donde se desprenden libremente.

El montaje de estos separadores puede realizarse de forma transversal sobre la cinta transportadora o de forma longitudinal en cabeza de cinta.



5.7 Detector de metales

Consiste en una única bobina detectora instalada bajo la banda transportadora. Al pasar un cuerpo metálico se da una alarma al cuadro de maniobra que acciona una caja deflectora que eliminar el metal.



5.8 Reductora del Molino

El engranaje es un reductor de engranajes cónicos y helicoidales para el accionamiento de un molino vertical.

Debido al proceso de molienda se presentan fuerzas axiales muy elevadas, que se deben transmitir a la cimentación a través de la carcasa del engranaje.

La carcasa del engranaje es de fundición de grafito esferoidal, calidad GGG 40. Mediante una relación óptima del diámetro de los cojinetes y de las paredes de la carcasa de apoyo se presentan solo tensiones de flexión y deformaciones específicas reducidas. Los fuertes refuerzos de la carcasa aportan una elevada rigidez, que es de una importancia decisiva para la seguridad del funcionamiento y la duración del cojinete axial.

El juego de engranajes cónicos está cementado, y provisto de un dentado ciclo-paloide pulido. Las ruedas y piñones son de protuberancia fresada, están cementadas y con flancos de los dientes pulidos.

Todos los ejes están montados en rodamientos. Para las elevadas fuerzas axiales de los engranajes cónicos se utilizan juegos incorporados de rodamientos de rodillos cónicos. En los otros puntos se utilizan rodamientos de rodillos.

LA brida de salida está unida rígidamente con el eje de salida y se guía exactamente mediante dos rodamientos radiales y mediante cojinetes de presión de segmentos axiales.

Para la absorción de la elevada carga axial se ha montado en la parte superior de la carcasa un cojinete de presión de segmentos. El cojinete está diseñado para una lubricación y tiene una carga superficial específica reducida.

Todos los segmentos tienen una relación longitud-anchura óptima y un apoyo desplazado en el sentido de giro. El ajuste de inclinación se realiza para la formación de una película de lubricación óptima.

La alimentación del aceite nuevo se realiza mediante tuberías de inyección. En el caso de una interrupción en el suministro del sistema de abastecimiento de aceite, los cojinetes permanecen bajo aceite, pues las salidas se encuentran por encima de la superficie de deslizamiento.

La lubricación se realiza mediante una circulación de aceite continua de un sistema de abastecimiento de aceite montado separadamente.

Con temperaturas ambientales bajas es necesario un precalentamiento del aceite. En la carcasa del engranaje hay montados unos calentadores de inmersión. El aceite se aspira por la bomba de aceite, se filtra por el filtro de doble conexión, se enfría en el refrigerador por agua y se conduce a los puntos

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

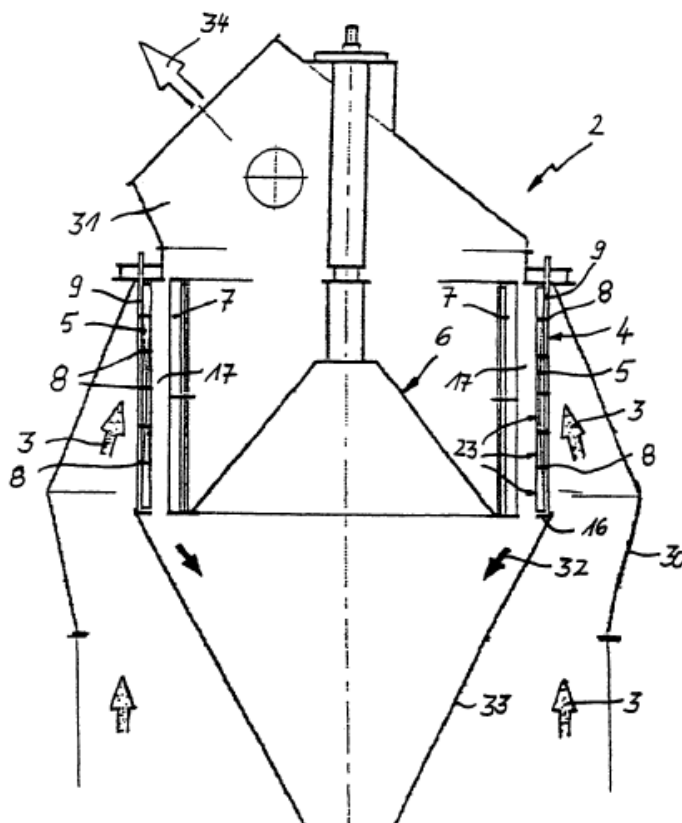
de lubricación. El caudal, presión y temperatura se comprueban permanentemente.

5.9 Clasificador

Clasificador superior que presenta una corona fija de palas guía y un tambor clasificador rotatorio de láminas dispuesto de manera concéntrica a éste. Entre la carcasa del clasificador y la corona de palas guía está configurada una zona anular que debe permitir un aumento de la velocidad del fluido cargado con el producto molido que se va a clasificar.

Las palas guía fijas de la corona de palas guía están reguladas para el flujo incidente tangencial del tambor clasificador rotatorio de láminas en dirección rotatoria y las láminas del tambor clasificador, en dirección contraria, con lo que se debe mejorar el resultado del clasificador. Mediante la zona anular, que está configurada por la corona de palas guía y que se puede ampliar hacia abajo hacia el interior del molino con un revestimiento doble, y con el aumento, posible así, de la velocidad del fluido se debe unificar el flujo incidente de la corona de palas guía por toda la altura e impedir una caída anticipada del material grueso.

Cuyo tambor clasificador rotatorio de láminas está rodeado de manera concéntrica por un sistema orientable de álabes guía. El sistema de álabes guía está compuesto por dos o más grupos de álabes guía, dispuestos uno sobre otro en anillos estacionarios y regulables independientemente entre sí.



5.10 Ventilador de Tiro

Rueda montada entre cojinetes, sujeta al moyú que se encuentra en la parte central del eje.

El sistema mecánico, compuesto de eje y dos palieres soportes se instala sobre dos silletas soportes, situadas a ambos lados del ventilador.

El motor se fija sobre el chasis. La aspiración del ventilador se realiza mediante un capot de aspiración que conduce la vena fluida hasta la rueda.

Los elementos genéricos del ventilador son los siguientes:

- Una envolvente compuesta por dos laterales y un caracol.
- Un chasis soporte de la mecánica.
- Un rotor que comprende la rueda, moyú y eje.
- Un oído de aspiración, que está fijado a uno de los laterales de la envolvente y cuya misión es la conducción aeróbica de la vena de aire hasta la rueda de impulsión.
- Un capot de aspiración.
- Un acoplamiento.

5.11 Dampers

Las válvulas de persianas sirven para regular y/o cerrar el paso de corrientes de gases.

Para esta función disponen de juego de alas que giran sobre un eje de accionamiento y un eje soporte cerrando toda su periferia sobre los listones de tope fijos en la carcasa, que proporcionan la junta necesaria para el correcto cierre del conjunto mecánico, garantizando la estanqueidad requerida.

El conjunto ala-eje de la válvula están unidos firmemente a prueba de torsión mediante el empleo de un dentado mecanizado macho-hembra. Igualmente el conjunto eje-palanca se unen mediante el mismo mecanismo.

El eje se encuentra alojado en el extremo opuesto al accionamiento en un cojinete exterior nitrurado para alta temperatura, totalmente estanco y libre de accionamiento.

En el lado de accionamiento rota sobre un rodamiento para alta temperatura y un prensaestopas garantizando la estanqueidad de la válvula hacia el exterior mediante las empaquetaduras de fibra cerámica que dispone el conjunto, formando un cierre compacto y hermético sobre el eje.

El movimiento del conjunto de las alas lo proporciona un servomotor eléctrico instalado sobre una consola soporte, este actuador se encarga de transmitir el movimiento a una palanca que transmite el movimiento desde el ala de accionamiento al ala opuesta a través de un brazo regulable en longitud.

5.12 Vejiga de Nitrógeno

Un acumulador es un tubo de acero con tapas torisféricas, con un separador de fases (nitrogeno-aceite hidráulico), capaz de almacenar una cierta cantidad de fluido a presión para auxiliar al circuito hidráulico, normalmente se comprime un gas inerte como el nitrógeno (nunca aire u oxígeno), el mismo transferirá la presión y el caudal acumulado al circuito hidráulico, cuando el circuito lo requiera.

Las aplicaciones son:

1. **Restituir.** Compensar pequeñas pérdidas de fluido en el circuito.
2. **Contra dilatación.** Los fluidos por cambios de temperaturas pueden dilatarse y perder presión.
3. **Reserva.** Al poder mantener una presión, pueden servir de reserva de energía.
4. **Contra golpes de ariete.** El golpe de ariete es un concepto hidráulico que engloba diferentes causas de pérdida de caudal, como podrían ser el cierre de válvulas, parada de bombas, puesta en marcha de bombas, etc.
5. **Amortiguador.** Puede utilizarse para amortiguar las pulsaciones de una bomba.
6. **Seguridad.** Para evitar accidentes por interrupciones súbitas del generador de potencia hidráulica.

El fluido al entrar dentro de un acumulador, comprime un gas, por este motivo, el acumulador puede almacenar el fluido a una determinada presión, existen varios tipos de acumuladores. Los más usados son los de membrana y de vejiga.

5.13 Sistema Hidroneumático de Rodillos

El sistema hidroneumático está principalmente compuesto de 3 grupos:

- Sistema hidráulico del molino, completo
- Tubería circular del molino y/o tubería de conexión, completas
- Armario Hidráulico.

5.13.1 Estructura

Sistema hidráulico, completo

Cada rodillo del molino tiene un sistema hidráulico. Este consiste, dependiendo del tipo de molino, de uno o dos cilindros hidráulicos, que están conectados vía el balancín con los rodillos. Los cilindros hidráulicos están conectados con una articulación con la parte inferior del molino y vía el vástago del pistón con el balancín. El movimiento del rodillo no tendrá influencia sobre el movimiento de otros rodillos.

Mangueras de alta presión comunican los cilindros hidráulicos con las tuberías de distribución, que están fijadas a la parte inferior del molino. En el lado vástago del pistón, estas tuberías están conectadas con los acumuladores hidráulicos de vejiga y con el armario hidráulico HSLM.

Durante la operación la cámara del cilindro del lado del vástago se llena de aceite hidráulico a la preseleccionada presión de trabajo. Como resultado del movimiento del pistón dentro de los cilindros, el aceite en la parte del vástago se desplaza a los acumuladores hidráulicos de vejiga que actúan como resortes de gas, ya que llevan su vejiga llena de nitrógeno.

En el lado de los cilindros hay válvulas de purga, colocados en los cilindros y en las botellas de los acumuladores.

Acumuladores Hidráulicos de Vejiga

El recipiente del acumulador consiste de una carcasa de acero con un manguito de entrada para aceite y algunas veces con una conexión de brida hacia la tubería hidráulica. El manguito de entrada es montado con una válvula de seguridad de resorte, que está abierta durante el servicio.

La camisa de acero del recipiente acumulador contiene una vejiga de goma con una válvula para el llenado de gas, justo en la parte opuesta al manguito de entrada de aceite en la parte superior del recipiente.

Tubería Circular y/o Tubería de Conexión, completa

El sistema de suministro de aceite (armario hidráulico) y el sistema hidroneumático del molino estarán interconectados mediante otro sistema de tuberías. Las secciones de cada tubería deben, según se pueden ver en los planos mantenerse, las tuberías soldadas deben ser decapadas y preservadas en el taller y deben tener antioxidante y juntas herméticas en las bridas para que no entre suciedad, hasta su montaje e instalación final.

Como regla general, las tuberías de conexión se instalan en una zanja dentro del bloque de fundamento de la planta. Este conducto debe tener una pintura a prueba de aceite para evitar que penetre aceite al bloque de hormigón y no cause su deterioro. Hay que prestar atención al drenaje de los ductos para que el aceite de fuga pueda drenarse y para poder limpiarlo con agua.

Armario Hidráulico

El armario hidráulico se suministra para el sistema hidroneumático de los rodillos del molino.

5.13.2 Modo de Operación

Durante la operación del molino se levantan los rodillos por el material que debe ser molido, que se encuentra en la mesa. El balancín se voltea y los pistones del cilindro hidráulico se mueven empujando el aceite del lado del vástago del pistón fuera del cilindro a través de mangueras y tubería hasta el acumulador hidráulico. El aceite fluye que pasa a los acumuladores comprime el nitrógeno que se encuentra en la vejiga del acumulador. La ausencia de homogeneidad en el lecho de molienda crea un movimiento vertical en los rodillos, como una rueda vibra por un accidentado terreno, parecido es el lecho de molienda. Cada vez que el rodillo se encuentra una “bache en el lecho de molienda” la vejiga expande y empuja la correspondiente cantidad de aceite del acumulador al cilindro. Esto significa que hay un intercambio continuo entre cilindro y acumulador, con una respuesta muy rápida. Durante este tiempo la bomba del sistema hidráulico solamente trabaja si hay pérdida por fuga, en cuyo caso disminuye la presión de trabajo y hay que compensarla.

Los cilindros hidráulicos se comunican a través de las tuberías para que los rodillos ejerzan la misma fuerza en el lecho, independientemente de su deflexión y así se asegura una carga uniforme en el cojinete de empuje del reductor.

Para arrancar y parar el molino se pueden levantar hidráulicamente los rodillos del lecho. Esto se consigue al hacer la maniobra anterior al revés, se traslada en sentido contrario, la presión del aceite del lado del vástago al lado del pistón del cilindro hidráulico. Debido a las diferentes resistencias en el

sistema hidráulico, los rodillos no se levantan simultáneamente sino uno detrás del otro.

Los movimientos del rodillo hacia arriba están mecánicamente limitados. Tan pronto todos los rodillos hayan llegado su posición límite, se señala con interruptores eléctricos.

Una vez levantados los rodillos se arranca el molino con carga. Al arrancar un molino con carga el motor del molino es cargado hasta aprox. un 40% del par operacional. Al bajar los rodillos, se muele rápidamente el material que se había quedado en el lecho de molienda. El descenso de los rodillos es escalonado en el tiempo y el motor alcanza el 100% de su potencia. Con este modo de operación se vuelve a llegar a la condición de plena carga después de 30 segundos.

5.13.2.1 Funcionamiento del Sistema Hidroneumático

a) Aumentar la Presión de Trabajo

La presión de trabajo requerida y las características de control pueden preseleccionarse mediante el control electrónico en el puesto de mando principal. La bomba arrancará automáticamente si el mencionado ajuste se realiza durante la operación del molino, y parará tan pronto haya llegado al valor más alto.

b) Reducir la Presión de Trabajo

La presión de trabajo requerida y las características de control pueden preseleccionarse mediante el control electrónico en el puesto de mando principal. La válvula Solenoide (7.2) se abrirá automáticamente durante la operación del molino para que el aceite pueda volver al tanque. Sin embargo será cerrada tan pronto se haya alcanzado la presión más baja.

Por favor, controle en base al “Diagrama: Rigidez del Sistema” si la relación entre presión de llenado N₂ y presión hidráulica de trabajo están todavía dentro de las tolerancias admitidas. Si fuera necesario habría que corregir la presión de llenado con N₂. Este tipo de corrección solamente se hace cuando el molino está parado y la presión de trabajo esté totalmente anulada.

c) Elevación de Rodillo

Con la operación automática o local las válvulas Solenoide serán operadas al pulsar el botón “Elevación de Rodillo” hasta que estén en la posición correcta de acuerdo al diagrama hidráulico.

La bomba arrancará automáticamente y continuará funcionando hasta que todos los rodillos hayan alcanzado su posición de elevación límite controlada mediante los interruptores de proximidad electrónicos, que se

encuentran en los balancines. A continuación se parará la bomba automáticamente.

Durante la elevación de los rodillos, la presión del aceite en el lado del vástago del sistema hidráulico aumentará con respecto a la presión de trabajo programada. La válvula de seguridad (6.1) asegurará que la máxima presión permitida del sistema no será sobrepasada.

d) Retener los Rodillos en posición de máxima elevación

Si uno o más rodillos abandonaran las posiciones límites de elevación debido a una fuga en el sistema hidráulico, la bomba arrancará automáticamente de la misma forma, que se describió en "Elevación de Rodillo".

e) Descenso de Rodillo

Al abrir la válvula (7.1), el aceite vuelve del lado de pistón hacia el sistema hidráulico y al tanque.

Un relé de tiempo provoca que la válvula (7.4) cambie a "Molino trabajando" A continuación el aceite vuelve al tanque, gracias a la válvula (8.2).

f) Reducir la Presión de Trabajo

Si todo el sistema hidráulica debe reducir la presión a la presión atmosférica, p.e. en el caso de medir la presión de llenado de acumuladores tipo vejiga o en el caso de trabajo de mantenimiento, el sistema debe ser cambiado del modo "Automático" al modo "Local".

En este modo, el control electrónico estará inactivo.

Al abrir el grifo de cierre (5.3) (operación manual), el aceite retornará al tanque.

g) Retener los Rodillos en Posición de máxima elevación para Trabajos de Mantenimiento

Elevación Automática de rodillos.

Cambio de "Operación Automática" a "Operación Local" (control electrónico no está operativo).

Después de elevar los rodillos, se cierra el grifo (5.4) la válvula de bola (5.12) es cambiada a la pos. 1. Las restantes válvulas mantienen su posición según la tabla del esquema hidráulico.

5.13.2.2 Características del Sistema Hidroneumático

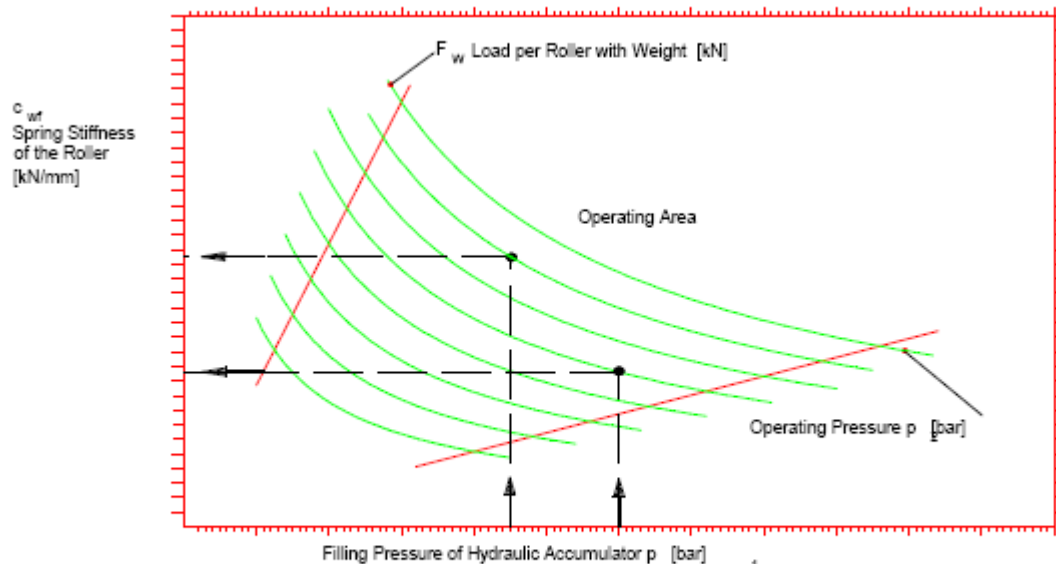
General

El sistema hidroneumático con el armario hidráulico HSLM permite adaptar la fuerza del rodillo al material a moler y para mantener el espesor del lecho de molienda constante dentro de pequeñas tolerancias.

Rigidez del Sistema

La curva característica del sistema es decir, la rigidez, puede seleccionarse al ajustar el ratio de la presión hidráulica de trabajo p_2 a la presión de llenado de N_2 del acumulador de vejiga p_1 y, sin variar la presión del N_2 , hasta se puede variar la rigidez del sistema durante la operación del molino. El "Diagrama: Rigidez del Sistema" indica los límites que deben observarse.

En el diagrama de resorte del molino la rigidez del rodillo c_{wf} (= rigidez del resorte en relación al rodillo) está reflejado frente a la presión de llenado p_1 del N_2 de la vejiga. Los parámetros son los diferentes valores de presión hidráulica de trabajo p_2 y las fuerzas de rodillo F_w , respectivamente. Uno elige al valor p_2 , fija la presión de llenado del acumulador p_1 dentro de los límites indicados, y después verticalmente desde el eje p_1 se busca la intersección con la curva p_2 y de allí paralelamente al eje p_1 a la izquierda de la escala c_{wf} . En este punto, se lee el valor de rigidez del resorte en los valores predeterminados p_1 y p_2 .



Determinación de rigidez de resorte del rodillo c_{wf}

1. Selección de presión de trabajo p_2 (con referencia al "Diagrama: Carga de Rodillo").
2. Selección de presión de llenado de acumulador hidráulico p_1 (p.f. anote: $p_{1max} = 0,8 * p_{2min}$ $p_{1min} = 0,25 * p_{2max}$).
3. La rigidez de resorte del rodillo c_{wf} será determinado como se observa en el diagrama.

El valor de rigidez del rodillo se mide por el valor que aumenta el rodillo su fuerza cuando hay una desviación del rodillo de 1 mm. (0.04 in).

Cuanto más pequeña la diferencia entre p_2 y p_1 , más blando el resorte.

Esto supone que un resorte blando significa tener poco aumento de la fuerza al desviarse el rodillo. El máx. valor. p_1 de la carga N2- en el acumulador no debe pasar el 80 % de la presión de trabajo p_2 , de otra manera podría romperse la vejiga de goma.

Capítulo 6: Generalidades sobre el Mantenimiento de una Planta Industrial

6.1 Introducción

En la actualidad, la mayor parte de los bienes y servicios se obtienen y se hacen llegar a sus destinatarios mediante unos “sistemas de producción-distribución” o, más brevemente “*sistemas productivos*”, a menudo de gran dimensión tanto por el número de personas que trabajan en ellos como por el tamaño y el valor de las instalaciones y equipos que utilizan.

A lo largo de su ciclo de vida cada sistema pasa por diferentes fases. La última de ellas es la de construcción y puesta en marcha, hasta que se alcanza el régimen normal de funcionamiento.

Durante esta última fase, llamada de operación, que es la única auténticamente productiva, el sistema se ve sometido a fallos que entorpecen o, incluso, interrumpen temporal o definitivamente su funcionamiento.

El objeto del mantenimiento es, precisamente, reducir la incidencia negativa de dichos fallos, ya sea disminuyendo su número o atenuando sus consecuencias.

Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debíamos darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo. Puede ser a corto plazo o a muy largo plazo. El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general.

Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallos sobre los bienes
- Disminuir la gravedad de las fallos que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costes.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

En resumen, un mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos.

6.2 Tipos de mantenimiento

Actualmente existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que se van a estudiar son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

6.3 Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectadas a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema, es que se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto.

6.4 Mantenimiento Preventivo

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema.

Las desventajas que presenta este sistema son:

- **Cambios innecesarios:** al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo coste es escaso frente al correspondiente de desmontaje y montaje, con el fin de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una *anticipación del reemplazo o cambio prematuro*.
- **Problemas iniciales de operación:** cuando se desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.
- **Coste en inventarios:** el coste en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- **Mano de obra:** se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible.
- **Mantenimiento no efectuado:** si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce un *degeneración* del servicio.

Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento
- Establecer la vida útil de los mismos
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

6.5 Mantenimiento Predictivo

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos.

Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta.

A través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas.

Los ensayos que más se utilizan en la industria son los siguientes:

6.5.1 Análisis de Vibraciones

Esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones.

Todas las máquinas presentan ciertos niveles de vibración aunque se encuentren operando correctamente, sin embargo cuando se presenta alguna

anomalía, estos niveles normales de vibración se ven alterados indicando la necesidad de una revisión del equipo.

Para que este método tenga validez, es indispensable conocer ciertos datos de la máquina como lo son: su velocidad de giro, el tipo de cojinetes, de correas, el número de alabes, palas, etc. También es muy importante determinar los puntos de las máquinas en donde se tomaran las mediciones y el equipo analizador más adecuado para la realización del estudio.

El Analizador de Vibraciones como se puede observar en la Figura , es un equipo especializado que muestra en su pantalla el espectro de la vibración y la medida de algunos de sus parámetros.



Las vibraciones pueden analizarse midiendo su amplitud o descomponiéndolas de acuerdo a su frecuencia, así cuando la amplitud de la vibración sobrepasa los límites permisibles o cuando el espectro de vibración varía a través del tiempo, significa que algo malo está sucediendo y que el equipo debe ser revisado.

Los problemas que se pueden detectar por medio de esta técnica, son:

- Desalineamiento
- Desbalance
- Resonancia
- Solturas mecánicas
- Rodamientos dañados
- Problemas en bombas
- Anormalidades en engranes
- Problemas eléctricos asociados con motores
- Problemas de bandas

6.5.2 Termografía

La Termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta.

La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía.

En la Figura, se muestra el instrumento utilizado para generar una imagen de radiación infrarroja a partir de la temperatura superficial de las máquinas, el cual se llama Cámara Termográfica.



Gracias a las imágenes térmicas que proporcionan las cámaras termográficas, se pueden analizar los cambios de temperatura. Un incremento de esta variable, por lo general representa un problema de tipo electromecánico en algún componente de la máquina.

Las áreas en que se utilizan las Cámaras Termográficas son las siguientes:

- Instalaciones Eléctricas
- Equipamientos Mecánicos
- Estructuras Refractarias

6.5.3 Análisis por Ultrasonido

El análisis por ultrasonido está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas cuando presentan algún tipo de problema.

El oído humano puede percibir el sonido cuando su frecuencia se encuentra entre 20 Hz y 20 kHz, por tal razón el sonido que se produce cuando alguno de los componentes de una máquina se encuentra afectado, no puede ser captado por el hombre porque su frecuencia es superior a los 20 kHz.

Las ondas de ultrasonido tienen la capacidad de atenuarse muy rápido debido a su corta longitud, esto facilita la detección de la fuente que las produce a pesar de que el ambiente sea muy ruidoso.

Los instrumentos encargados de convertir las ondas de ultrasonido en ondas audibles se llaman medidores de ultrasonido o detectores ultrasónicos. Por medio de estos instrumentos las señales ultrasónicas transformadas se pueden escuchar por medio de audífonos o se pueden observar en una pantalla como se muestra en la Figura.



El análisis de ultrasonido permite:

- Detectar fricción en máquinas rotativas
- Detectar fallas y/o fugas en válvulas
- Detectar fugas en fluidos
- Detectar pérdidas vacío
- Detectar arco eléctrico
- Verificar la integridad de juntas de recintos estancos.

6.5.4 Análisis por Estetoscópio

Durante el funcionamiento es importante inspeccionar el estado del rodamiento regularmente realizando una monitorización de estado básica, como por ejemplo: mediciones de temperatura, vibración y ruido.

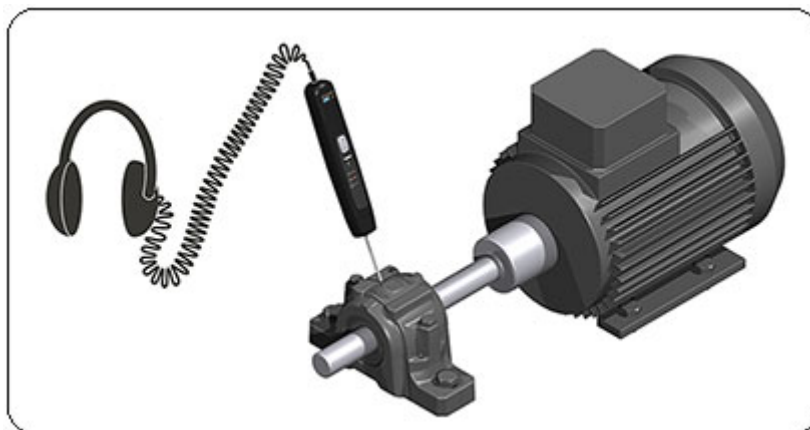
Estas inspecciones frecuentes le permitirán detectar problemas potenciales y le ayudarán a prevenir paradas inesperadas de la maquinaria. Consecuentemente, se pueden planificar los intervalos de mantenimiento de la

máquina acorde con el programa de producción, incrementando la productividad y la eficiencia de la planta.

Allí donde las máquinas están sobrecargadas y/o incorrectamente revisadas, los rodamientos sufren las consecuencias, resultando fallos prematuros en un 34% de los casos. Los fallos repentinos e imprevistos se pueden evitar ya que los rodamientos con poco mantenimiento o sobrecargados emiten señales de preaviso, las cuales pueden ser detectadas e interpretadas usando un estetoscopio.



El estetoscopio es un instrumento sensible de alta calidad que permite detectar los componentes mecánicos problemáticos mediante la detección de los ruidos o las vibraciones de la máquina.



6.5.5 Análisis de Aceite

El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante.

El aceite es muy importante en las máquinas porque sirve la protege del desgaste, controla su temperatura y elimina sus impurezas. Cuando el aceite presenta altos grados de contaminación y/o degradación, no cumple con estas funciones y la máquina comienza a fallar.

La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse.

El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y de sustancias extrañas, por tal razón es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina. El grado de degradación del aceite sirve para determinar su estado mismo porque representa la pérdida en la capacidad de lubricar producida por una alteración de sus propiedades y la de sus aditivos.

La contaminación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de:

- Partículas metálicas de desgaste
- Combustible
- Agua
- Materias carbonosas
- Insolubles

La degradación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación las siguientes propiedades:

- Viscosidad
- Detergencia
- Basicidad
- Constante Dieléctrica

La información proveniente de las pruebas físicas y químicas del aceite permite decidir sobre el plan de lubricación y mantenimiento de la máquina.

6.6 Conceptos asociado al Mantenimiento. Fiabilidad

La fiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones, etc.).

Se define la variable aleatoria T como la vida del bien o componente. Se supone que T tiene una función F(t) de distribución acumulada expresada por:

$$F(t) = P(T \leq t)$$

Además existe la función f(t) de densidad de probabilidades expresada por la ecuación:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

Evolución de la tasa de fallos a lo largo del tiempo. Curva de bañera

La duración de la vida de un equipo se puede dividir en tres periodos diferentes:

I.- Juventud. Zona de mortandad infantil.

El fallo se produce inmediatamente o al cabo de muy poco tiempo de la puesta en funcionamiento, como consecuencia de:

- Errores de diseño
- Defectos de fabricación o montaje
- Ajuste difícil, que es preciso revisar en las condiciones reales de funcionamiento hasta dar con la puesta a punto deseada.

II.- Madurez. Periodo de vida útil.

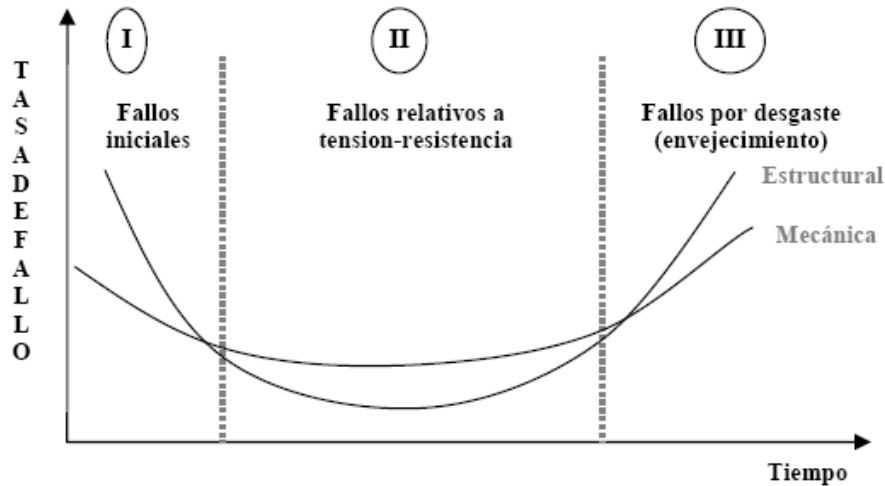
Periodo de vida útil en el que se producen fallos de carácter aleatorio. Es el periodo de mayor duración, en el que se suelen estudiar los sistemas, ya que se supone que se reemplazan antes de que alcancen el periodo de envejecimiento.

III.- Envejecimiento

Corresponde al agotamiento, al cabo de un cierto tiempo, de algún elemento que se consume o deteriora constantemente durante el funcionamiento.

Estos tres periodos se distinguen con claridad en un gráfico en el que se represente la tasa de fallos del sistema frente al tiempo. Este gráfico se denomina "Curva de bañera".

Aunque existen hasta seis tipos diferentes de curva de bañera, dependiendo del tipo de componente del que se trate, una curva de bañera convencional se adapta a la siguiente figura:



En una curva de la bañera de tipo convencional se aprecian las tres zonas descritas anteriormente:

I. Juventud. Zona de mortandad infantil: Las averías van disminuyendo con el tiempo, hasta tomar un valor constante y llegar a la vida -útil. En esta zona fallan los componentes con defectos de fabricación, por lo que la tasa de averías disminuye con el tiempo. Los fabricantes, para evitar esta zona, someten a sus componentes a un "quemado" inicial ("burn-in" en inglés), desechando los componentes defectuosos. Este quemado inicial se realiza sometiendo a los componentes a determinadas condiciones extremas, que aceleran los mecanismos de fallo. Los componentes que pasan este periodo son los que nos venden los fabricantes, ya en la zona de vida útil.

II. Madurez. Zona de vida útil, con tasa de fallos aproximadamente constante.

Es la zona de mayor duración, en la que se suelen estudiar los sistemas, ya que se supone que se reemplazan antes de que alcancen la zona de envejecimiento.

iii. Zona de envejecimiento: La que la tasa de averías vuelve a crecer, debido a que los componentes fallan por degradación de sus características por el transcurso de tiempo.

Aún con reparaciones y mantenimiento, las tasas de fallos aumentan, hasta que resulta demasiado costoso el mantenimiento.

Tiempo medio entre fallos (MTBF)

En la práctica, la fiabilidad se mide como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallos consecutivos (*Mean Time Between Failures; MTBF*).

Por ejemplo si disponemos de un producto de N componentes operando durante un periodo de tiempo T , y suponemos que en este periodo han fallado varios componentes (algunos en varias ocasiones), para este caso el componente i -ésimo habrá tenido n_i averías, luego el número medio de averías para el producto será:

$$\bar{n} = \sum_{i=0}^N \frac{n_i}{N}$$

Siendo el MTBF el cociente entre T y \bar{n} , es decir:

$$MTBF = \frac{T}{\bar{n}}$$

Tiempo medio hasta la avería (MTTF)

El tiempo medio hasta la avería (*Mean Time To Failure; MTTF*), es otro de los parámetros utilizados, junto con la tasa de fallos $\lambda(t)$ para especificar la calidad de un componente o de un sistema.

Por ejemplo si se ensayan N elementos idénticos desde el instante $t=0$, y se miden los tiempos de funcionamiento de cada uno hasta que se produzca alguna avería.

Entonces el MTTF será la media de los tiempos t_i medidos, es decir:

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

6.7 Conceptos asociados al Mantenimiento. Mantenibilidad

La mantenibilidad es una característica inherente a un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica.

Así, la mantenibilidad podría ser expresada cuantitativamente, mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento especificada en el elemento que se considera, con los recursos de apoyo especificados. Intervienen en la ejecución de estas tareas tres factores:

- *Factores personales*: Habilidad, motivación, experiencia, capacidad física, etc.

- *Factores condicionales*: Representan la influencia del entorno operativo y las consecuencias que ha producido el fallo en la condición física, geometría y forma del elemento en recuperación.

- *El entorno*: Temperatura, humedad, ruido, iluminación, vibración momento del día, viento, etc.

Consecuentemente, la naturaleza del parámetro T para la tarea de mantenimiento también depende de la variabilidad de estos parámetros.

$$T = f(\text{factores personales, condicionales y ambientales})$$

Ante esta situación, el único camino posible en el análisis de mantenibilidad es recurrir a la teoría de probabilidades.

Existe cierto paralelismo entre el estudio estadístico de la fiabilidad y el de la mantenibilidad.

- La variable aleatoria en el tiempo es “la duración de la intervención”
- La densidad de probabilidad del tiempo de reparación se llama $g(t)$
- La función Mantenibilidad $M(t)$ es la probabilidad de reparación de una duración $T < t$

$$M(t) = P(T < t)$$

$m(t)$ es la función de tasa de reparación y es igual a:

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$$

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Media de los tiempos técnicos de reparación (MTTR)

En la práctica la tasa de reparación se puede medir a través de la Media de los tiempos técnicos de reparación (Mean Time To Repair MTTR).

6.8 Conceptos asociados al Mantenimiento. Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en el momento o instante que es requerido.

Para poder disponer de un sistema en cualquier instante, éste no debe de tener fallos, o bien, en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento.

Suponiendo que la tasa de fallos y la tasa de reparación son constantes:

- Tasa de fallos = λ (t) = λ
- Tasa de reparación = m (t) = m

Entonces:

MTBF = $1 / \lambda$ (Tiempo medio entre fallos)

MTTR = $1 / m$ (Tiempo medio de reparación)

A (Availability): Disponibilidad del sistema

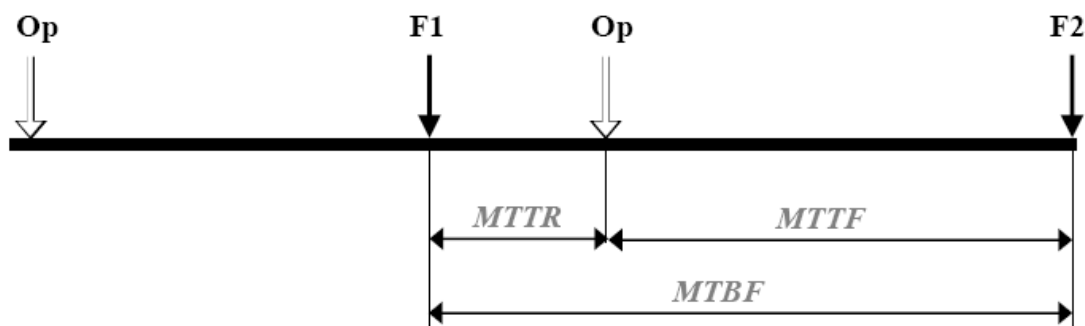


Figura . Relación entre el tiempo medio de reparación (MTTR), tiempo medio hasta la avería (MTTF) y tiempo medio de reparación (MTBF)

En la Figura 7 se muestra un ciclo de operación, "Op" indica el instante en que el elemento, producto o sistema comienza a estar operativo. F1 y F2 muestran los instantes en que se producen los fallos 1 y 2 respectivamente.

Luego, de acuerdo a la Figura 7 podemos expresar la disponibilidad (A) así:

$$A = \frac{\text{Tiempo total en condiciones de servicio}}{\text{Tiempo total del intervalo estudiado}}$$

$$A = \frac{K \cdot MTBF}{K \cdot (MTBF + MTTR)} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

K: Representa el número de ciclos-reparación.

Como se ve en la expresión anterior, se tendría una disponibilidad del 100% ante un fallo si el MTTR=0, es decir que no se tardase casi nada en reparar un fallo, lo cual no se cumple (sería ideal), pero se aspira a ello. Tanto la fiabilidad como la mantenibilidad estudiadas anteriormente, son determinantes de la disponibilidad.

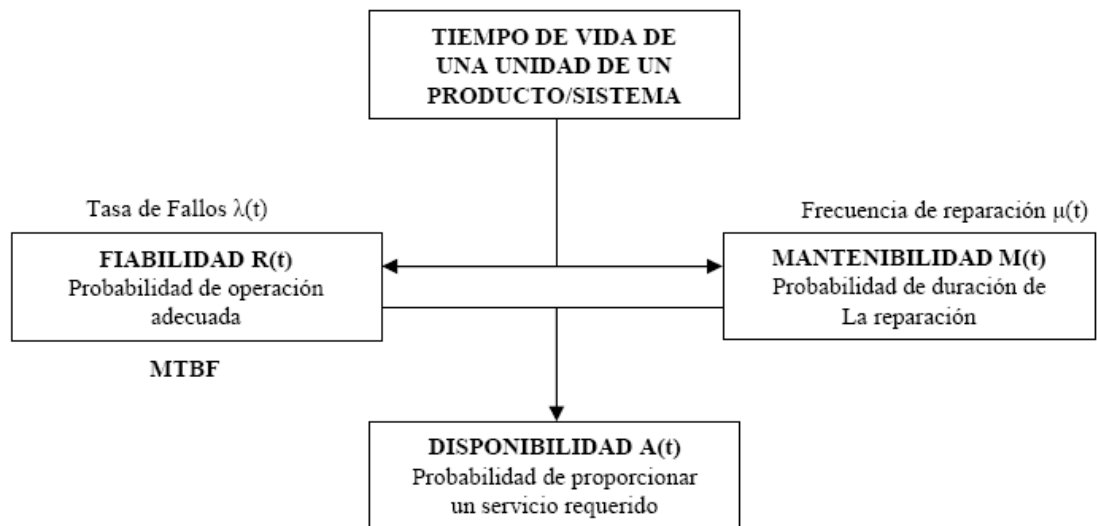


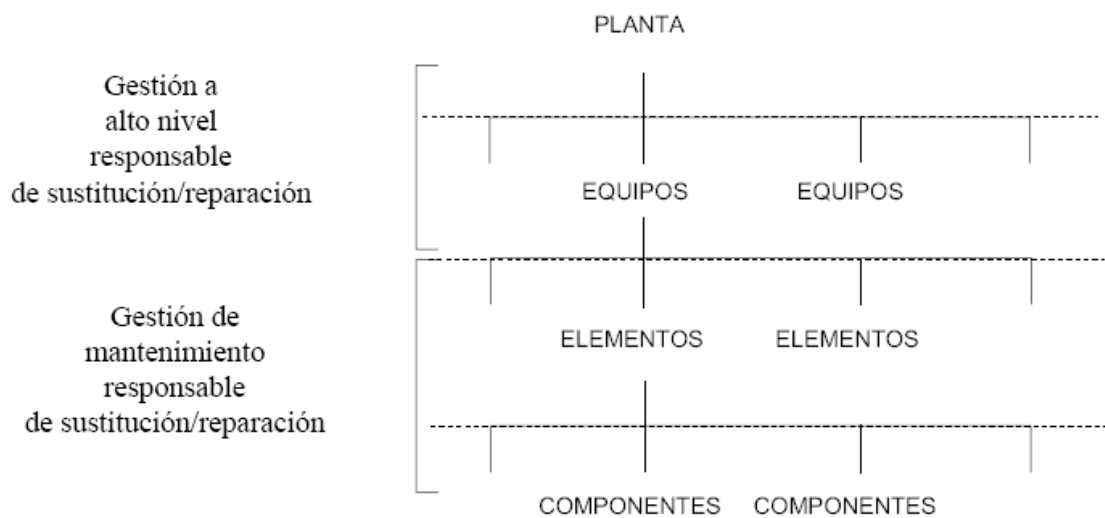
Figura. Relación entre disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad

La disponibilidad del producto durante un periodo de utilización prefijado, llamada calidad de funcionamiento, está en función de la fiabilidad y de la mantenibilidad del mismo.

6.9 Planificación del Mantenimiento Industrial

6.9.1 Introducción

Una planta compleja puede ser dividida, atendiendo a su funcionalidad, en tres niveles distintos. La delegación de responsabilidad para las decisiones de reparación o sustitución de un nivel en particular es distinta entre plantas, pero los gestores de más alto nivel son los responsables de las decisiones sobre la sustitución de unidades y los gestores de mantenimiento son los responsables de la sustitución o reparación de los equipos y sus componentes.



Relación entre la estructura de la planta y la cadena de toma de decisión

Esta división de responsabilidad es obligada dado que la estrategia de sustitución de los equipos se ve influida tanto por factores externos (la mayoría a largo plazo), tales como obsolescencia, ventas y coste del capital, como por factores internos (la mayoría a corto plazo), como el coste de mantenimiento y el coste de operación.

En consecuencia, la sustitución de unidades se puede considerar como parte de la estrategia corporativa. Sin embargo, se necesita un plan de mantenimiento, a menor plazo, para el mantenimiento de las unidades, mediante la adopción de las políticas de mantenimiento apropiadas (P. ej., reparación, sustitución, modificación, etc.) para los equipos y componentes.

Estrategia y plan están interrelacionados ya que el coste de mantenimiento influye sobre la sustitución de la unidad, la cual, a su vez, influye en el plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento debería establecer unas bases racionales para poder formular un programa de mantenimiento preventivo y debería asimismo estipular las líneas maestras del mantenimiento correctivo

6.9.2 Política de Mtto. Preventivo y Correctivo.

Para cada equipo de una planta pueden formularse varias políticas de mantenimiento, individualmente o en combinación. La suma racional de tales políticas especificadas, para el total de la planta, constituye el plan de mantenimiento.

Las acciones que pueden llevarse a cabo antes de producirse el fallo serán preventivas. Las que se lleven a cabo después, correctivas.

Debido a que, por definición, las acciones de mantenimiento preventivo son determinísticas, pueden ser programadas y realizadas generalmente por separado, según un programa de mantenimiento preventivo.

Debido a la naturaleza probabilística del fallo, y la incertidumbre que rodea a la toma de decisiones en mantenimiento correctivo, éste no puede ser programado. Sin embargo, para unidades críticas resulta esencial que las líneas maestras del mantenimiento correctivo están formuladas para poder llevar a cabo la toma de decisiones después del fallo.

Para poder planificar el mantenimiento es necesario conocer las diferentes políticas de trabajo que se pueden seguir para realizar dicho mantenimiento:

Reparación o sustitución a intervalo fijo antes del fallo

Esta política será efectiva sólo cuando el modelo de fallo del elemento dependa claramente del tiempo, esperándose que el elemento se agote en el intervalo de vida de la unidad y cuando los costes totales (directos e indirectos) de su sustitución sean mucho menores que los de fallo y reparación. Es decir, cuando el elemento pueda ser clasificado como de fácil sustitución.

Esta política no es apropiada para equipos de difícil sustitución porque:

- Cuanto más complicado sea el elemento, menor posibilidad habrá de que su patrón de fallo dependa claramente del tiempo.
- Los elementos complejos son caros de sustituir o reparar y además muestran posteriores problemas de “mantenimiento por manipulación”.

Mantenimiento según condición

El momento oportuno para llevar a cabo el mantenimiento correctivo se debe determinar monitorizando alguna condición, aunque no siempre es fácil encontrar un parámetro fácilmente monitorizable que muestre el deterioro del equipo.

En el caso de que sí se pueda, se reduce, o incluso se elimina, el factor probabilístico en la predicción del fallo, maximizándose la vida del elemento y minimizándose las consecuencias del fallo. Sin embargo, el mantenimiento basado en el estado o condición puede ser costoso e tiempo e instrumentación.

La conveniencia de esta política y su periodicidad dependerá de las características de deterioro del equipo estudiado y de los costes que éste implica.

En el extremo más simple, los equipos de fácil sustitución, como puede ser una pastilla de freno, pueden comprobarse a intervalos cortos y con poco coste. En el extremo contrario, los equipos de difícil sustitución, por ejemplo, un motor, pueden requerir un desmontaje completo para su inspección visual, pero con este tipo de equipos se pueden utilizar técnicas de monitorización de vibraciones, pulsos de choque, análisis de aceite, termografías. El alto coste de instrumentación se justificará por los elevados costes de reparación o por las pérdidas de indisponibilidad

Mantenimiento de oportunidad

Este término se aplica a acciones de mantenimiento realizadas después del fallo o durante reparaciones realizadas a intervalo fijo o según el estado, pero en otros elementos de aquéllos que eran la causa principal de su reparación.

Esta política es la más apropiada para los elementos de difícil sustitución o en funcionamiento continuo, con altos costes de parada y/o de indisponibilidad.

Operación hasta fallo y mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo no sólo aparece cuando un elemento falla, sino también cuando es indicado por criterio basado en la condición. La tarea básica es establecer la forma más económica de restaurar la unidad a un estado aceptable. Por ejemplo, para el fallo de un elemento de difícil sustitución las alternativas pueden ser las siguientes:

- *Reparación in-situ*: Desmontaje en el punto de operación y sustitución de los componentes defectuosos. Esto puede llevar a indisponibilidad de la unidad o de la planta.
- *Sustitución del elemento completo*: Por otro nuevo o reacondicionado. Esto minimiza la indisponibilidad. El elemento retirado puede ser

reparado, reacondicionado o desechado en las instalaciones de mantenimiento.

Muchos son los factores que influyen en la elección reparación-sustitución. Los más importantes son el coste de indisponibilidad, el tiempo de reparación comparado con el de sustitución, la disponibilidad y el coste de los recursos. Todos estos factores están en continuo cambio, y esto, junto con las múltiples causas posibles de defecto y las múltiples posibilidades de reparación, hace que el plan de mantenimiento correctivo sólo pueda proporcionar una guía para ayudar a la toma de decisión.

Mantenimiento modificativo

En contraste con las políticas anteriores, cuyo objetivo es minimizar los defectos del fallo, el mantenimiento modificativo intenta eliminar la causa del fallo. Claramente, esto implica una acción de ingeniería en vez de mantenimiento, pero habitualmente es responsabilidad del departamento de mantenimiento.

Es una política habitual en áreas de alto coste de mantenimiento que existen debido a su mal diseño o porque el equipamiento está siendo utilizado fuera de sus especificaciones de diseño.

6.9.3 Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento de una planta deberá elaborarse a partir de la selección de la mejor combinación de las políticas enumeradas para cada elemento, coordinándolas para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo.

Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada unidad de la planta deberían estar especificadas con cierto detalle por los fabricantes. Esto raramente se da en los equipos de difícil sustitución en los que el mantenimiento es caro y probabilista.

La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la política de mantenimiento, hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada periodo de tiempo.

Las etapas de este procedimiento se explican a continuación:

Clasificación e identificación de los equipos

Esta etapa es importante, pero habitualmente tediosa y difícil debido al volumen del trabajo y a la complejidad y tamaño de los equipos. Una buena clasificación de los equipos es la que se basa en su reemplazabilidad y función.

El sistema de identificación más simple es el que se basa en la codificación numérica.

Recogida de información

La recogida de información que pueda ser relevante para la planificación del mantenimiento es esencial para todos los equipos de la planta. Debido a que el mantenimiento es inseparable de la producción es inevitable que la información más relevante sea: Modelo de producción (funcionamiento continuo, fluctuante o intermitente) y la naturaleza del proceso.

Una vez obtenida la información será posible elaborar un programa para cada equipo y para cada periodo considerado, del tiempo estimado disponible para mantenimiento que no conlleve pérdida de producción.

Programa de Mantenimiento Preventivo

Cuando los análisis individuales estén terminados, entonces se examinarán las acciones relacionadas y las periodicidades en conjunto, con el objeto de encontrar oportunidades de coordinación (mediante la programación conjunta, en periodos fijos, de todas las acciones a realizar sobre un grupo de equipos o en una unidad).

Esto llevará a un compromiso entre los programas individuales óptimos, el uso más económico de la mano de obra y la máxima disponibilidad de la planta.

Estos periodos predeterminados deberán tener una tolerancia en tiempo para admitir contingencias tales como la incertidumbre en la planificación de producción.

De este análisis resultan los programas de inspección, de lubricación, de otros servicios y de las revisiones generales.

Programa de Mantenimiento Correctivo

Cuando la planta es nueva, incluso después de haber realizado los análisis mencionados con anterioridad, resulta difícil predecir el nivel y la naturaleza de la carga de mantenimiento correctivo. Durante la vida inicial de la planta la predicción es muy imprecisa y dependerá fundamentalmente de la información proporcionada por los fabricantes y de la experiencia de los ingenieros de planta.

Obviamente, esta predicción mejorará con la vida de la planta y, en consecuencia, la carga de mantenimiento correctivo podrá ser planificada con mayor precisión.

La decisión crítica a este respecto es fijar el nivel de repuestos en existencias. Cuanto más se tengan, menor será el coste de indisponibilidad en caso de

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

fallo, y además será más fácil organizar el mantenimiento correctivo; pero por otro lado, los costes de inmovilizado serán cada vez mayores.

El problema del gestor de mantenimiento es minimizar la suma de estos costes, para lo que es esencial identificar las unidades o los equipos críticos en la planta y asegurarse de que se adopta el mejor plan de mantenimiento correctivo.

Capítulo 7: Plan desarrollado para el Mantenimiento en el Molino de rodillos

7.1 Antecedentes

Hasta la actualidad no existía un plan de mantenimiento establecido, solo había un mantenimiento correctivo, se engrasaba cuando el rodamiento hacia ruido, con cual había paradas no previstas como ejemplo por falta de grasa en un rodamiento o un mayor rechazo de producto por inexactitud en la medida del caudal de aire de la recirculación,...

7.2 Introducción al nuevo Plan de Mantenimiento

Para evitar paradas intempestivas o no previstas se va a realizar un plan de mantenimiento preventivo (mecánico, eléctrico e instrumentación).

En este plan el operador tendrá detallado que componentes del molino debe revisar, tendrá una ruta detallada de que partes debe inspeccionar o comprobar, que continuación detallaremos con intervalo de periodicidad, condición de operación y procedimiento a realizar.

Igual ocurre con el plan de engrase y toma de vibraciones, el operador tiene detallada la ruta de engrase, donde se le indica la frecuencia de cada equipo, el tipo de lubricante o grasa a utilizar.

Dada la importancia hoy en día de la calidad de un producto, ahorro energético y el control de un proceso con la menor intervención humana posible, se necesita que las variables de medida sean lo más precisa posible, y esto solo es posible con un buen control de la calibración de los equipos de instrumentación. Por ello el plan de instrumentación es muy importante.

También es muy importante a la realizar el procedimiento requerido que el operador tenga muy claro cual es el requerimiento que se debe alcanzar a la hora de dar por buena una calibración o un ensayo eléctrico a un equipo, el operador aprenderá a usar los equipos de calibración.

Y nunca debemos olvidar la seguridad, algo muy importante y que nunca debemos olvidar, pero eso también se describen los procedimientos paso a paso, tanto de condiciones previas como los pasos a ejecutar.

7.3 Mantenimiento Preventivo de Equipos

Abreviaturas:

MI	Intervalo de Mantenimiento
P	Propuesto
E	Cambiado
OH	Horas de operación
D	Día
W	Semana
WM	Operario
M	Mecánico
E	Eléctrico
OC	Condiciones de Operación
O	Operación en Marcha
S	Parado

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Cuerpo del Molino:

Componente	Descripción	MI				Document- No.
		P	E	WM	OC	
Cuerpo del molino	Comprobar si hay perforaciones	6 M		M	O	
	Comprobar daños en recubrimiento y si existe corrosión	6 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad de las justas	6 M		M	O	
	Comprobar estado de soldaduras y verificar grietas	6 M		M	O	
	Comprobar daños en las tuberías y mangueras y estanqueidad	6 M		M	O	
	Comprobar el buen estado de apriete de equipos eléctricos	12 M		E	S	
	Comprobar daños en el equipo eléctrico y liberar tensiones en cables	12 M		E	S	
	Comprobar daños y desgaste en las juntas de sellado	6 M		M	S	
	Comprobar que no estén obstruidas las bocas para instrumentos	6 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad y daños en las juntas de expansión	6 M		M	O	
	Comprobar daños y desgaste en blindaje	6 M		M	O	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Anillo de Entrada de Gases

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Anillo de entrada de gases	Comprobar daños en recubrimiento y corrosión	6 M		M	S	
	Comprobar si hay perforaciones	3 M		M	S	
	Comprobar daños y desgaste	3 M		M	S	
	Comprobar daños y desgaste en rascadores	3 M		M	S	
	Comprobar distancia rascador - parte inferior del anillo	3 M		M	S	

Mesa de Molienda

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
	Comprobar daños y desgaste en uniones soldadas	6 M		M	S	
Clamping ring	Comprobar daños y desgaste	6 M		M	S	
	Comprobar estado de los bulones de anclaje	6 M		M	S	
	Comprobar daños cierre	6 M		M	S	
Grinding plate	Comprobar daños y desgaste en sectores	6 M		M	S	
Armour ring	Comprobar fijación y posición de los sectores	6 M		M	S	
	Comprobar daños y desgaste	6 M		M	S	
Louvre ring	Comprobar si la posición es correcta y fijación	6 M		M	S	
	Comprobar daños y desgaste	6 M		M	S	
Wearing ring	Comprobar daños y desgaste	6 M		M	S	
Scatter ring	Comprobar daños y desgaste	6 M		M	S	
	Comprobar estado de los bulones de anclaje	6 M		M	S	
	Comprobar daños cierre	6 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Balancines:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Balancín	Comprobar daños en el brazo	6 M		M	S	
	Check thread joints for completeness	6 M		M	S	
	Retighten thread joints if necessary	6 M		M	S	
	Comprobar desgaste y estanqueidad de la caja prensaestopas	3 M		M	S	
	Comprobar que los rodamientos estan bien sujetos en su posición	12 M		M	S	
	Comprobar el juego de los rodamientos	24 M		M	S	
	Comprobar la cantidad de grasa y rellenar si es necesario	1 W		M	S	
	Comprobar el juego en el sellado balancín-cuerpo	6 M		M	S	
	Ajustar la palanca de sellado a su mínima distancia del balancín	6 M		M	S	
Amortiguadores	Comprobar daños y desgaste	3 M		M	S	
Monitorización de balancines	Comprobar funcionamiento detectores de proximidad	6 M		E	S	
	Comprobar fijación de detectores de proximidad	6 M		E	S	
	Comprobar las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y liberar tensiones en conexiones el.	12 M		E	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Rodillos:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Neumático	Comprobar daños y desgaste	6 W		M	S	
	Comprobar fijación de bulones	6 W		M	S	
	Comprobar el giro libre de los rodillos	6 W		M	S	
	Comprobar y/o ajustar distancia entre rodillo y mesa de molienda	6 W		M	S	
	Ajustar distancia rodillo anillo desgaste	6 W		M	S	
Eje del rodillo	Verificar nivel de aceite y rellenar si necesario	6 W		M	S	
	Comprobar fugas de aceite	6 W		M	S	
	Comprobar daños, desgaste y fijación de campanas de protección	6 W		M	S	
	Comprobar que no hay material clavado entre la campana de protección el eje del rodillo	6 W		M	S	
	Comprobar juego en los anillos de aire de sellado y si esta tapado con material	6 W		M	S	
	Cambio de junta G	36 W		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Cabina Hidráulica:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Cabina	Comprobar daños	12 M		M	O	
	Comprobar daños en la pintura y corrosión	12 M		M	O	
Bomba hidráulica	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	
	Comprobar si la operación es suave	6 M		M	O	
	Comprobar y rellenar nivel de aceite	3 M		M	S	
	Comprobar calidad del aceite y cambiar si necesario	6 M		M	S	
	Comprobar apriete de las conexiones	6 M		M	O	
	Comprobar filtros (daños e impurezas)	6 M		M	S	
	Cambio de filtro	6 M		M	S	
	Motor	Comprobar si la operación es suave	3 M		M	O
Comprobar calefacción		3 M		M	O	
Comprobar fijación a bancada		3 M		M	S	
Engrasar rodamientos		3 M		M	S	
Comprobar limpieza en la entrada de aire de refrigeración		3 M		M	S	
Comprobar correcta fijación de las conexiones eléctricas		12 M		E	S	
Comprobar daños y liberar tensiones en conexiones ele		12 M		E	S	
Manómetros 1-3		Comprobar funcionamiento / calibrar	12 M		M	O
	Comprobar estanqueidad	12 M		M	O	
	Comprobar daños	12 M		M	O	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

	Calibrar en ausencia de presión	12 M		M	S	
Válvulas de solenoide 7x	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad	12 M		M	O	
	Comprobar apriete de las conexiones	12 M		M	O	
	Comprobar conexiones eléctricas y liberar tensiones	12 M		E	O	
Válvulas de control 5x	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad	12 M		M	O	
	Comprobar apriete de las conexiones	12 M		M	O	
	Comprobar conexiones eléctricas y liberar tensiones	12 M		E	O	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Sistema de Amortiguación:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Tuberías	Comprobar estanqueidad y fijación	6 M		M	S	
	Comprobar corrosión y daños en la pintura	6 M		M	S	
	Comprobar si la conexiones están ajustadas y aseguradas	6 M		M	S	
	Comprobar el buen ajuste y fijación de la guarniciones	6 M		M	S	
	Comprobar desastes en mangueras	6 M		M	S	
Cilindro	Comprobar fijación del cilindro			M	S	
	Comprobar el sellado del vástago del pistón	6 M		M	S	
	Comprobar el tanque de fugas de aceite y vaciarlo	1 W		M	S	
	Asegurar que los tornillos de unión de los rodamientos están bien sujetos	12 M		M	S	
	Comprobar el juego de los rodamientos	24 M		M	S	
	Engrasar rodamientos	1 W		M	S	
	Comprobar la junta del vástago	6 M		M	S	
	Comprobar que la fijación de los tornillos de la tuerca de unión esta asegurada, que están fijos y sin roturas	6 M		M	S	
	Comprobar los puntos de unión de las tapas del cilindro y verificar su correcto apriete	6 M		M	S	
	Comprobar daños y desgaste en tapas	6 M		M	S	
	Engrasar el vástago	1 M		M	S	

Acumuladores de Vejiga:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Acumulador de vejiga	Comprobar la presión y modificarle si es necesario (N2)	3 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad de la vejiga	12 M		M	S	
	Comprobar que las conexiones están apretadas y fijas	12 M		M	S	
	Comprobar daños en el contenedor y asegurar que esta bien fijado	12 M		M	S	
	Comprobar corrosión y desgaste del contenedor	12 M		M	S	
	Comprobar que la válvula de entrada esta en buen estado y estanqueidad	12 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Ventilador de aire de sellado:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Ventilador	Comprobar el buen funcionamiento	1 M		M	O	
	Comprobar daños y estanqueidad en conexiones	1 M		M	S	
	Comprobar el estado de la parrilla del ventilador	1 M		M	S	
	Comprobar desgaste en amortiguadores	6 M		M	S	
	Comprobar estado de la protección del eje	1 M		M	S	
	Comprobar daños en el silenciador	3 M		M	S	
Motor del ventilador	Engrasar rodamientos	3 M		E	S	
	Comprobar que funciona suavemente	12 M		E	O	
	Comprobar calefacción	12 M		E	O	
	Limpiar la parilla del ventilador	12 M		E	S	
	Comprobar ajuste de la conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y liberar tensiones en conexiones ele	12 M		E	S	
	Comprobar fijación adecuada	12 M		E	S	
Acoplamiento	Comprobar daños y fijación adecuada	3 M		M	S	
Reductor	Comprobar que funciona suavemente	3 M		M	O	
	Comprobar calefacción	3 M		M	O	
	Comprobar nivel de aceite	1 M		M	S	
	Comprobar estado de la carcasa y fijación	3 M		M	S	

Accionamiento del Molino

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Motor	Comprobar que funciona suavemente	6 M		M	O	
	Comprobar calefacción	6 M		M	O	
	Limpiar la tapa del ventilador	12 M		M	S	
	Comprobar daños y liberar tensiones en la conexiones eléctricas	12 M		E	O	
	Engrasar rodamientos	6 M		M	O	
	Comprobar la fijación del motor	3 M		M	O	
	Comprobar desgaste en anillos rozantes	12 M		E	S	
	Comprobar desgaste en escobillas	12 M		E	S	
	Comprobar desgaste del conmutador	12 M		E	S	
Reductor	Comprobar que funciona suavemente	6 M		M	O	
	Comprobar temperatura del reductor	6 M		M	O	
	Comprobar nivel de aceite y rellenar si es necesario	3 M		M	S	
	Comprobar alineación y ajuste del acoplamiento	6 M		M	S	
	Comprobar la medida X del reductor	12 M		M	S	
	Comprobar la fijación de los termopares	12 M		M	S	
	Comprobar daños en tuberías y entradas de aceite	6 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad de las juntas de tuberías y uniones	6 M		M	O	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Unidad de Lubricación del Reductor del Molino:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Bomba de baja presión	Comprobar el funcionamiento correcto	3 M		M	O	
	Comprobar operación suave y constante	3 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad de la bomba	3 M		M	O	
	Comprobar la estanqueidad de las conexiones	3 M		M	O	
Filtro	Comprobar estanqueidad	6 M		M	O	
	Comprobar impurezas en filtro y cambiarlo si necesario	6 M		M	S	
Bombas de alta presión	Comprobar operación suave y constante	3 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad de la bomba	3 M		M	O	
	Comprobar la estanqueidad de las conexiones	3 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad	3 M		M	O	
Motores de las bombas	Comprobar funcionamiento suave	12 M		M	O	
	Comprobar calefacción	12 M		M	O	
	Limpia la parrilla del ventilador	12 M		M	S	
	Engrasar rodamientos	3 M		M	S	
	Comprobar el ajuste de la conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar fijación adecuada	12 M		M	S	
Manómetros	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

	Comprobar estanqueidad	12 M		M	O	
	Comprobar el punto cero sin presión / calibrar	12 M		M	S	
Termómetros	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	
Interruptores de presión	Comprobar funcionamiento	6 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad	6 M		M	O	
	Comprobar la estanqueidad e las conexiones	6 M		M	O	
	Comprobar ajuste de la conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
Caudalímetro	Comprobar funcionamiento	6 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad	6 M		M	O	
	Comprobar la estanqueidad e las conexiones	6 M		M	O	
	Comprobar ajuste de la conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
Compensadores	Comprobar daños y estanqueidad	6 M		M	S	
	Comprobar la estanqueidad de las conexiones	6 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Clasificador:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Carcasa	Comprobar estanqueidad de las conexiones	6 M		M	O	
	Comprobar daños en la pintura exterior	6 M		M	O	
	Comprobar si hay corrosión	6 M		M	O	
	Comprobar si hay grietas en la soldadura	6 M		M	O	
Blindaje	Comprobar daños y desgaste	6 M		M	S	
Bearing cartridge	Comprobar si la operación es suave	6 M		M	S	
	Comprobar nivel de grasa y rellenar si es necesario	6 M		M	S	
	Comprobar juego en rodamientos	6 M		M	S	
Guide vanes	Comprobar si la posición es correcta y la fijación	6 M		M	S	
	Comprobar desgaste	6 M		M	S	
Rotor	Comprobar desgaste y daños en palas	6 M		M	S	
	Comprobar equilibrado	12 M		M	O	
Cono de descarga	Comprobar daños y desgaste	3 M		M	S	
	Check for completeness of thread joints	6 M		M	S	
	Comprobar si hay depósitos y limpiarlos.	6 M		M	S	
Reductor	Comprobar una operación suave	6 M		M	O	
	Comprobar calentamiento	6 M		M	O	
	Comprobar nivel de aceite y rellenar en caso necesario	1 M		M	S	
	Cambiar aceite	12 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad de las conexiones	12 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Acoplamiento	Comprobar estanqueidad de las conexiones	6 M		M	S	
	Comprobar alineación	6 M		M	S	
	Comprobar apriete	6 M		M	S	
Motor	Comprobar si la operación es suave	3 M		M	O	
	Comprobar calefacción	3 M		M	O	
	Comprobar si el apriete es correcto	3 M		M	S	
	Engrasar rodamientos	3 M		M	S	
	Comprobar limpieza de la entrada de aire de refrigeración	3 M		M	S	
	Comprobar el apriete de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y liberar tensiones en conexión eléctricas	12 M		E	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Sistema de Extracción de Rodillos

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Cilindro	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	
	Comprobar estanqueidad	12 M		M	O	
Carro hidráulico	Comprobar funcionamiento	12 M		M	O	
	Comprobar calidad del aceite y cambiar en caso necesario	12 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad y desgaste de las mangueras y conectores	12 M		M	S / O	

Separador Magnético

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Cinta	Comprobar que opera de forma suave y continua	1 M		M	O	
	Comprobar alineación	1 W		M	O	
	Comprobar que la tensión sea correcta	3 M		M	S	
	Comprobar daños	1 W		M	S	
Rodamientos con engrasador	Engrasar rodamientos	1.500 OH		M	S	
Rodamientos partidos	Rellenar de grasa	5.000 OH		M	S	
Suspensión	Comprobar daños	3 M		M	S	
Motor	Comprobar que opera de forma suave	12 M		E	O	
	Comprobar daño en las conexiones eléctricas y aprietes	12 M		E	S	
	Comprobar rodamientos de bolas y cambiar si es necesario	10.000 OH		M	S	
	Cambiar anillo de sellado del eje	10.000 OH		M	S	
	Limpiar entrada de aire	10.000 OH		M	S	
Acoplamiento	Comprobar daño y ajuste correcto	3 M		M	S	
Reductor	Comprobar calefacción	3.000 OH		M	O	
	Comprobar nivel de aceite y cambiarlo si es necesario	3.000 OH		M	S	
Caja de rechazos	Comprobar daños y desgaste	12 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada a la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Dampers:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Damper S	Comprobar que funciona de forma adecuada	6 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad	6 M		M	S	
	Engrasar las juntas	3 M		M	S	
Damper R	Comprobar que funciona de forma adecuada	6 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad	6 M		M	S	
	Engrasar las juntas	3 M		M	S	
Damper Z	Comprobar que funciona de forma adecuada	6 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad	6 M		M	S	
	Engrasar las juntas	3 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Transporte Sin-fin

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Motor	Comprobar que opera de forma suave	1 M		M	O	
	Comprobar calefacción	1 M		M	O	
	Comprobar que esta bien apretado	1 M		M	S	
	Engrasar rodamientos	3 M		M	S	
	Comprobar la limpieza de la entrada de aire de refrigeración	1 M		M	S	
	Comprobar el apriete de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y liberar tensiones en conexión eléctricas	12 M		E	S	
Acoplamiento elástico	Comprobar si esta bien fijado	1 M		M	S	
	Comprobar el juego	1 M		M	S	
	Comprobar desgaste	1 M		M	S	
	Comprobar estado de protecciones	1 M		M	S	
Cadena de accionamiento	Comprobar si esta bien fijado	1 M		M	S	
	Comprobar desgaste	1 M		M	S	
	Comprobar estado de protecciones	1 M		M	S	
Rodamientos	Comprobar que operan de forma suave	3 M		M	O	
	Comprobar calefacción	3 M		M	O	
Sello del eje	Comprobar estanqueidad	1 M		M	S	
Sinfín	Comprobar desgaste	1 M		M	S	

Tuberías de transporte de gas:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Línea de entrada al molino	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
	Check welding seams and thread joints of supports	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión eléctricas	12 M		E	S	
Línea de molino a ciclones	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión eléctricas	12 M		E	S	
Línea de ciclones a ventilador del molino	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
	Check welding seams and thread joints of supports	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
Línea ventilador del molino a filtro	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión electricas	12 M		E	S	
Línea de filtro a ventilador del filtro	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión elec	12 M		E	S	
Línea de ventilador del filtro a chimenea	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión elec	12 M		E	S	
Recirculación	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión elec	12 M		E	S	
Entrada aire frío	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
	Comprobar uniones soldadas	12 M		M	O / S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión eléctricas	12 M		E	S	
Línea desde generador de gases calientes	Comprobar estado del aislamiento	12 M		M	O / S	
	Comprobar daños en juntas de expansión	12 M		M	O / S	
	Comprobar los pernos de las juntas de expansión y reapriete	12 M		M	O / S	
Puntos de inserción de instrumentos	Comprobar la fijación de las conexiones eléctricas	12 M		E	S	
	Comprobar daños y eliminar tensiones de las conexión eléctricas	12 M		E	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Válvulas de Desvío:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Mangueras neumáticas	Comprobar estanqueidad	3 M		M	S	
	check connecting thread joints for tightness	3 M		M	S	
Cilindro neumático	Comprobar fijaciones	3 M		M	S	
	Comprobar estanqueidad	3 M		M	S	
	Engrasar juntas	1 W		M	S	
	Limpiar el cilindro	6 M		M	S	
Finales de carrera	Comprobar funcionamiento del mecanismo de cambio	3 M		E	S	
	Limpiar los finales de carrera	3 M		E	S	
	Comprobar fijación	6 M		E	S	
	Comprobar daños en conexión eléctrica y reapretar	6 M		E	S	
Compuerta	Comprobar desgastes, daño y posición de la compuerta	1 M		M	S	
	Comprobar daños y desgaste en juntas	1 M		M	S	
	Engrasar las juntas	1 W		M	S	
Conectores	Comprobar desgastes, daño y depósitos	3 M		M	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

Ventilador de Tiro:

Componente	Descripción	MI		WM	OC	Document-No.
		P	E			
Ventilador	Comprobar si hay perdidas de aire	12 M		M	S	
	Comprobar si llega aire de refrigeración	12 M		M	S	
	Reapriete de tornillos	12 M		M	S	
	Comprobar temperatura de rodamientos	12 M		M	S	
	Comprobar si el funcionamiento es suave	12 M		M	S	
	Comprobar si hay fisuras en la caja del ventilador	12 M		M	S	
	Comprobar si hay desgaste en el rotor	12 M		M	S	
	Limpiar el ventilador	12 M		M	S	
	Eliminar oxido	12 M		M	S	
	Comprobar la lubricación de los rodamientos	1 M		M	S	
	Comprobar si hay daños en el aislamiento	6 M		M	S	
Motor	Comprobar que el funcionamiento sea suave	3 M		M	O	
	Comprobar calefacción	3 M		M	O	
	Drenar agua condensada si es necesario	1 M		M	S	
	Comprobar la lubricación de los rodamientos	1 M		M	S	
	Comprobar limpieza en entrada de aire de refrigeración	1 M		M	S	
Acoplamiento	Comprobar juego	3 M		M	S	
	Comprobar desgaste	3 M		M	S	
	Comprobar estado de las protecciones	1 M		M	S	
Monitorización de la vibración	Comprobar fijación de conexiones eléctricas	12 M		E	S	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

	Comprobar daños y liberar tensiones en conexiones el	12 M		E	S	
Juntas de expansión	Comprobar daños y desgaste	3 M		M	S	

7.4 Engrase

FICHA DE REVISION Y ENGRASE DE EQUIPOS		PLANTA: MOLIENDA AREA: 001														HOJA Nº: 5-A			
																FECHA: __/__/__			
UBICACION	PUNTO DE ENGRASE O PARTE A REVISAR	A G	LUBRICANTE TIPO	FRECUENCIA														SIMBOLOGIA	
				L	M	X	J	V	S	D	M	T	S	A	Ci	MM	M P		
TR-004	TRANSPORTADOR DE PLACAS																		B Bomba C Copa R Relleno de nivel CA Cambio Lubricante T Trabajos Varios V A vigilar LF Limpieza Filtro CT Cadena Trans.
	RODILLOS Y SOPORTES	G	Repsol, EP-2				XB										7di		
	ACOPLAMI. HIDRAULICO PH11-004	A	Hidrau. HL-32				XV											“	
	REDUC. ACCION. TRANSPOR. RE11-004	A	Cepsa,Eng220				XV											“	
	MOTOR DEL REDUCTOR M11-004	G	Tipo K-3				XV											“	
TR-006	BANDA TRANSPORTADORA																		
	SOPORTES RODAMIENTOS	G	Repsol EP-2				XB											7d1	
	REDUC. ACCION. BANDA RE11-006	A	Cepsa,Eng220				XV											“	
	MOTOR DEL REDUCTOR M11-006	G	Tipo K-3				XV											“	
TR-010	BANDA TRANSPORTADORA																	7di	
	SOPORTES RODAMIENTOS	G	Repsol EP-2				XB											“	
	REDUC. ACCION. BANDA RE11-010	A	Cepsa Eng220				XV											“	
	MOTOR DEL REDUCTOR M11-010	G	Tipo K-3				XV											“	
TR-013	ELEVADOR GRAVEDAD																	7di	

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

	GRUPO TENSOR ELEVADOR	G	Repsol EP-2				XB											
	REDUC. ELEVADOR RE12-013-1	A	Cepsa Eng220				XV											
	MOTOR DEL REDUCTOR M12-013-1	G	Tipo K-3				XV											
	ACOPLA. HIDRAULICO PH12-013	A	Hidrau. HL-32				XV											

FICHA DE REVISION Y ENGRASE DE EQUIPOS		PLANTA: MOLIENDA AREA: 001														HOJA N°: 5-B			
																FECHA: __/__/__			
UBICACION	PUNTO DE ENGRASE O PARTE A REVISAR	A G	LUBRICANTE TIPO	FRECUENCIA														SIMBOLOGIA	
				L	M	X	J	V	S	D	M	T	S	A	Ci	M M	MP		
TR-017	BANDA DOSIFICADORA																7di		B Bomba C Copa R Relleno de nivel CA Cambio Lubricante T Trabajos Varios V A vigilar LF Limpieza Filtro CT Cadena Trans.
	RODILLOS Y SOPORTES	G	Repsol, EP-2				XB										“		
	REDUC. ACCION. BANDA RE11-017	A	Cepsa. HP-220				XV										“		
	MOTOR DEL REDUCTOR M11-017	G	Tipo K-3				XV										“		
TR-028	ELEVADOR GRAVEDAD S. MOLIDO																7di		
	REDUC. ELEVADOR RE12-028-1	A	Cepsa, Eng220				XV										“		
	MOTOR DEL REDUCTOR M12-028-1	G	Tipo, K-3				XV										“		
	ACOPLA. HIDRAULICO PH12-028	A	Cepsa, HL-32				XV										“		
	GRUPO TENSOR / SOPORTES VOLTEA.	G	Repsol, EP-2				XB										“		
TR-026	TRANSPORTADOR SIN FIN																7di		NOTAS:
	COJINETES SOPORTES	G	Repsol, EP-2				XB										“		
	REDUC. ACCION. SIN FIN RE13-026	A	Cepsa, Eng220				XV										“		
	MOTOR DEL REDUCTOR M13-026	G	Tipo K-3				XV										“		
TR-029	TRANSPORTADOR SIN FIN																7di		
	COJINETES SOPORTES	G	Repsol, EP-2				XB										“		
	REDUC. ACCION. SIN FIN RE13-029	A	Cepsa, Eng220				XV										“		
	MOTOR DEL REDUCTOR M13-029	G	Tipo K-3				XV										“		

FICHA DE REVISION Y ENGRASE DE EQUIPOS		PLANTA: MOLIENDA AREA: 001														HOJA Nº: 5-C						
																FECHA: __/__/__						
UBICACION	PUNTO DE ENGRASE O PARTE A REVISAR	A G	LUBRICANTE TIPO	FRECUENCIA														SIMBOLOGIA				
				L	M	X	J	V	S	D	M	T	S	A	Ci	M M	MP					
F-023	VENTILADOR FILTRO DE MANGAS																	7di			B Bomba C Copa R Relleno de nivel CA Cambio Lubricante T Trabajos Varios V A vigilar LF Limpieza Filtro CT Cadena Trans.	
	SOPORTES DE RODAMIENTOS	G	Repsol EP-2																			
	MOTOR DEL VENTILADOR M06-023	G	Tipo K-3																			
	SERVO MOTOR “ RE06-023	A																				
CP-024-1	VALVULA DE PERSIANA																					
	REDUCTOR V/V COMPUER. RE14-024-1	G	Repsol EP-2																			
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-024-1	g	Tipo K-3																			
CP-024-2	VALVULA DE PERSIANA	G	Repsol EP-2																			
	REDUCTOR V/V DE PERSI.RE14-024-2	A	Cepsa,Eng220																			
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-024-2	g	Tipo K-3																			
CP-024-3	VALVULA DE MARIPOSA																					
	REDUCTOR V/C DE MARI. RE14-024-3																					
TR-021	BANDA TRANSPORTADORA																					
	RODILLOS Y SOPORTES	G	Repsol EP-2																			
	REDUC. ACCION. BANDA RE11-021	A	Cepsa, Eng220																			
	MOTOR DEL REDUCTOR M11-021	G	Tipo K-3																			
AL-018	ALVEOLAR ALIMEN. MOLINO																					
	COJINETES SOPORTES EJE	G	Repsol EP-2																			
	REDUCTOR ALVEOLAR RE14-018	A	Cepsa, Eng220																			
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-018	G	Tipo K-3																			

NOTAS:

FICHA DE REVISION Y ENGRASE DE EQUIPOS		PLANTA: MOLIENDA AREA: 001														HOJA N°: 5-D		
																FECHA: __/__/__		
UBICACION	PUNTO DE ENGRASE O PARTE A REVISAR	A G	LUBRICANTE TIPO	FRECUENCIA													SIMBOLOGIA	
				L	M	X	J	V	S	D	M	T	S	A	C	M M		MP
TR014	SIN FIN DESCARGA FILTRO MANGAS																	B Bomba C Copa R Relleno de nivel CA Cambio Lubricante T Trabajos Varios V A vigilar LF Limpieza Filtro CT Cadena Trans.
	SOPORTES DE RODAMIENTOS		EP-2															
	REDUCTOR RE13-014		HP-220															
	MOTOR DEL REDUCTOR M13-014		EP-1-EXTRA															
TR023	SIN FIN DESCARGA FILTRO MANGAS																	
	SOPORTES DE RODAMIENTOS		EP-2															
	REDUCTOR RE13-023		HP-220															
VA014	ALVEOLAR FILTRO DE MANGAS		EP-2															
	REDUCTOR RE14-014		HP-220															
	MOTOR DEL REDUCTOR		EP-1-EXTRA															
VA023	ALVEOLAR FILTRO DE MANGAS		EP-2															
	REDUCTOR RE14-023		HP-220															
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-023		EP-1-EXTRA															
EX033	CIERRE DE TAJADERA SILOS		EP-2															
	REDUCTOR RE14033		HP-220															
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-033		EP-1-EXTRA															

NOTAS:

FICHA DE REVISION Y ENGRASE DE EQUIPOS		PLANTA: MOLIENDA AREA: 001															HOJA Nº: 5-E				
																	FECHA: __/__/__				
UBICACION	PUNTO DE ENGRASE O PARTE A REVISAR	A G	LUBRICANTE TIPO	FRECUENCIA														SIMBOLOGIA			
				L	M	X	J	V	S	D	M	T	S	A	C	M M	MP				
EX034-1	ALVEOLAR SILOS		EP-2		XB																B Bomba C Copa R Relleno de nivel CA Cambio Lubricante T Trabajos Varios V A vigilar LF Limpieza Filtro CT Cadena Trans.
	REDUCTOR RE14-034-1		HP-220		XV																
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-034-1		EP-1-EXTRA		XV																
VC030	V/V DE COMPUERTA DESCARGA SILO		EP-2		XB																
	REDUCTOR V/V DE COMPU. RE14-030		HP-220		XV																
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-030		EP-1-EXTRA		XV																
BY012	COMPUERTA PANTALON ENTRE SILOS		EP-2		XB																
EX033-1	ALVEOLAR SILOS		EP-2		XB																
	REDUCTOR RE14-033-1		HP-220		XV																
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-033-1		EP-1-EXTRA		XV																
EX034	REDUCTOR DEL CIERRE TAJA. RE14034		HP-220		XV																
	MOTOR DEL REDUCTOR M14-034		EP-1-EXTRA		XV																

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

7.5 Procedimientos de Calibración de Instrumentación

7.5.1 Calibración de Equipos de Caudal por Presión Diferencial.

Consideraciones previas.

- 1) Dejar el instrumento fuera de servicio, aislándolo del proceso mediante las válvulas de bloqueo.
- 2) Purgar las cámaras, abriendo las purgas del manifold.

Calibración.

- 1) Dejar la cámara (L) del instrumento a la atmósfera (dejando abierta su purga) y cerrando la purga de la cámara (H)
- 2) Conectarse al instrumento mediante el comunicador HART.
- 3) Ajustar el cero del equipo si fuera necesario.
Siguiendo los pasos mediante el comunicador para el ajuste del cero.
- 4) Ajuste del span.
Inyectar por la cámara (H) la presión deseada mediante una bomba manual de presión.
Ajustaremos el span si es necesario mediante el comunicador.
- 5) Repetir esta operación varias veces hasta que quede totalmente ajustada, y para varios puntos del rango.
- 6) La escala del transmisor deberá ser cuadrática.
- 7) También comprobaremos que la placa de orificio no esté dañada y que se encuentra en perfecto estado, y sin obstrucciones.

7.5.2 Calibración de Equipos de Caudal de Area Variable

Calibración.

- 1) Dejar el instrumento fuera de servicio, aislándolo del proceso mediante las válvulas de bloqueo.
- 2) Abrir una corriente de aire o gas, verificando que la aguja o el sistema de indicación del rotámetro se desplaza a lo largo de la escala.
- 3) Si el rotámetro tiene válvula de regulación, actuar sobre ella verificando que, según se abra o cierre, el sistema de indicación se desplaza
- 4) Si por las características constructivas del instrumento (conexión demasiado grande, ...) no fuera posible actuarlo con aire o gas, se actuará manualmente verificando que su desplazamiento es correcto.
- 5) Si el instrumento va provisto de un convertidor, realizar las siguientes comprobaciones:
 - En la posición más baje del flotador, ajustar el potenciómetro de cero, 4 mA.
 - Cuando el medidor marque el 100 % de la escala, ajustar con el tornillo del Span los 20 mA.
- 6) Si el instrumento va provisto de contacto s de señalización, se verificarán con el multímetro, que estos cambian de estado en el punto correcto de indicación.

7.5.3 Calibración de Equipos de Nivel Vibratorios

Comprobaciones Previas

1. Comprobación del estado de cables, prensa estopas y cajas de conexiones.
Mediante inspección visual.
2. Búsqueda de cualquier daño o anomalía.
Mediante inspección visual. Limpieza si fuese necesaria.
3. Comprobación de la actuación del interruptor.

Calibración.

- 1) Comprobación del estado de cables, prensa estopas y cajas de conexiones.
Mediante inspección visual.
- 2) Búsqueda de cualquier daño o anomalía del diapasón.
Mediante inspección visual.
Limpieza del diapasón si fuese necesario.
- 3) Comprobación de la actuación del interruptor.
Introduciendo el diapasón en un cubo de agua y comprobación mediante un polímetro.

7.5.4 Calibración de Equipos de Nivel Capacitivos

Comprobaciones Previas

1. Comprobación del estado de cables, prensa estopas y cajas de conexiones.
 - a. Mediante inspección visual.
2. Búsqueda de cualquier daño o anomalía.
 - a. Mediante inspección visual. Limpieza si fuese necesaria.
3. Comprobación de la actuación del interruptor.

Calibración.

La calibración se puede realizar de dos maneras, con el sensor limpio, o con el sensor cubierto de producto.

B.1) Calibración con el sensor limpio

1. Girar el potenciómetro de ajuste grueso despacio, poco a poco, en sentido de las agujas del reloj hasta que el led verde se encienda. Girar un poquito el potenciómetro para atrás hasta que se apague el led.
2. Girar el potenciómetro de ajuste fino hasta que se vuelva a encender el led.

B.2) Calibración con la sonda cubierta

1. Girar el potenciómetro de ajuste grueso despacio, poco a poco, en sentido de las agujas del reloj hasta que el led verde se encienda. Girar un poquito el potenciómetro para atrás hasta que se apague el led.
2. Girar el potenciómetro de ajuste fino hasta que se vuelva a encender el led.
3. Ahora girar un poco en sentido contrario a las agujas del reloj, quedando apagado el led verde.

7.5.5 Calibración de Equipos de Presión. Manómetros

Consideraciones previas.

- 1) Dejar el instrumento fuera de servicio, aislándolo del proceso mediante la válvula de bloqueo.
- 3) Purgar la cámara antes de desmontarlo.
- 4) Si el manómetro lleva sello, no quitar el manómetro del sello.
- 5) Para manómetros con glicerina, si es necesario ajustarlo, antes esta se extraerá, volviéndose a rellenar después de su calibración

Calibración.

- 8) Conectaremos el manómetro al generador de presión y al manómetro patrón
- 9) Comprobamos el **cerro** del manómetro.
Con el manómetro a la atmósfera comprobamos que la aguja del manómetro marca el **cerro** de presión.
- 10) Comprobamos el **100%** del span del manómetro
Generamos una presión del **100%** de la escala del manómetro, tomando como referencia el manómetro patrón, y comprobamos que el manómetro a calibrar marca el **100%** de su escala.
- 11) Ajuste del **cerro** del manómetro.
Reajustando con un destornillador en los tornillos de ajuste de la propia aguja, o extrayendo la aguja con un extractor adecuado, y poniéndola en el **0%** de la escala.
- 12) Ajuste del **100%** de la escala
Generamos un presión del **100%** de la escala del manómetro
Extraer la aguja o ajustar con el tornillo de Span.
Volver a comprobar el **cerro** del manómetro.
Repetir estos pasos hasta conseguir el resultado deseado.

7.5.6 Calibración de Equipos de Presión. Presostatos

Calibración.

- 1) Dejar el instrumento fuera de servicio.
Aislándolo del proceso mediante las válvulas de bloqueo
- 2) Purgar la cámara de presión.
Abriendo la válvula de purga del instrumento.
- 3) Mediante un fuente de presión, introducir un valor tal, que según sea el sentido de actuación del instrumento, el contacto se encuentra en su estado de operación normal, según la lectura del multímetro.
- 4) Subir o bajar la presión según corresponda hasta detectar por medio del multímetro el cambio de estado en el contacto.
- 5) Bajar o subir la presión hasta detectar por medio del multímetro que el contacto se repone a su estado inicial.
- 6) Si los valores obtenidos se encuentran fuera de los márgenes aceptables, proceder como se indica a continuación:
Girar la tuerca o tornillo de ajuste según sea el error y repetir los pasos del 3 al 5 hasta conseguir los valores deseados según la hoja de datos del equipo.

7.5.7 Calibración de Equipos de Presión. Transmisores de Presión

Consideraciones previas.

- 1 Dejar el instrumento fuera de servicio, aislándolo del proceso mediante las válvulas de bloqueo.
- 2 Purgar las cámaras, abriendo las purgas del manifold.
- 3 Si el transmisor lleva sello, no quitar el sello del transmisor.
- 4 El equipo debe ser calibrado en la misma posición en que se encuentre montado en campo el equipo.

Calibración.

A) TRANSMISOR CON 2 CÁMARAS

- 1 Dejar la cámara (L) del instrumento a la atmósfera (dejando abierta su purga) y cerrando la purga de la cámara (H)
- 2 Conectarse al instrumento mediante el comunicador HART.
- 3 Ajustar el cero del equipo si fuera necesario.

Siguiendo los pasos mediante el comunicador para el ajuste del cero.

- 4 Ajuste del span.

Inyectar por la cámara (H) la presión deseada mediante una bomba manual de presión.

Ajustaremos el span si es necesario mediante el comunicador.

- 5 Repetir esta operación varias veces hasta que quede totalmente ajustada, y para varios puntos del rango.

B) TRANSMISOR CON 1 CÁMARA

Los mismos pasos que antes, solo que ahora todo es por la misma cámara.

7.5.8 Calibración de Equipos de Temperatura. Termoresistencias.

Calibración.

- 1 Dejar el instrumento fuera de servicio.
- 2 Soltar los hilos de la RTD conexiados al transmisor, y con el multímetro comprobar la integridad de la termoresistencia.
- 3 Introducir en el baño termostático la termoresistencia, y generar una temperatura de 100 °C y 200 °C, anotando en la hoja de calibración los valores obtenidos en cada punto de medida.
- 4 Si la termoresistencia no generase los ohmios, o el valor correspondiente, la termoresistencia será no aceptada, y será reemplazada por otra.

7.5.9 Calibración de Equipos de Temperatura. Termoresistencias. Termopares.

Calibración.

Se sitúa el termopar en un baño de temperaturas o en un horno, según sea la temperatura a comprobar, y se coloca un termómetro de vidrio en la caja del potenciómetro de comprobación y se procede del modo siguiente:

- 1 Se determina la temperatura de la unión fría o temperatura ambiente t_a del potenciómetro, por lectura del termómetro de vidrio.
- 2 Se lee la f.e.m. generada por el termopar en el potenciómetro.
- 3 En las tablas de f.e.m. referidas a 0 °C se determinan los milivoltios correspondientes a la temperatura de la unión fría.
- 4 La suma algebraica de los dos valores anteriores de f.e.m. se pasa al valor correspondiente de temperatura mediante la tabla de f.e.m. correspondiente al termopar.
Los valores se suman, ya que dentro del potenciómetro se encuentran la junta fría, y la f.e.m. leída es menor en un valor V_a (correspondiente a t_a), a la V que se obtendría si la unión fría estuviera a 0 °C.
- 5 La temperatura debe corresponder, dentro de los límites de precisión del termopar, a la temperatura del baño o del horno, de no ser así, el termopar es defectuoso y debe ser sustituido por otro nuevo.

7.5.10 Calibración de Equipos de Temperatura. Termoresistencias. Termómetro.

Calibración.

Hay dos métodos aceptados que son el método del punto de congelación y el método del punto de ebullición.

Método del punto de congelación.

- 1 Llenar de hielo molido un cubo grande. Agregar agua potable limpia hasta que el recipiente esté lleno. Agitar bien la mezcla.
- 2 Poner la varilla o la sonda del termómetro en el agua con hielo hasta que el área sensible esté totalmente sumergida. Esperar 30 sg, o hasta que el indicador deje de moverse. No dejar que la varilla o la sonda toquen los lados ni el fondo del recipiente. La varilla debe permanecer en el agua con hielo.
- 3 Sostenga la tuerca de calibración con unas pinzas o con otra herramienta hasta que marque 0°C.

Método del punto de ebullición.

- 4 En un recipiente hondo poner a hervir agua potable limpia.
- 5 Poner la varilla o la sonda del termómetro en el agua hirviendo hasta que el área sensible esté totalmente sumergida. Esperar 30 sg, o hasta que el indicador deje de moverse. No dejar que la varilla o la sonda toquen los lados ni el fondo del recipiente. La varilla debe permanecer en el agua hirviendo.
- 6 Sostenga la tuerca de calibración con unas pinzas o con otra herramienta hasta que marque 100°C.

Otro método.

- 7 Otra posibilidad es calibrarlos mediante un baño termostático.

7.5.11 Calibración de Equipos de Temperatura. Termoresistencias. Termóstato.

Calibración.

- 1 Dejar el termostato fuera de servicio
- 2 Introducir en el baño termostático el termostato e introducir un valor tal, que según sea el sentido de actuación del instrumento, el contacto se encuentra en su estado de operación normal, según sea la lectura del multímetro.
- 3 Subir o bajar la temperatura según corresponda hasta detectar por medio del multímetro el cambio de estado en el contacto.
- 4 Bajar o subir la temperatura según corresponda hasta detectar por medio del multímetro que el contacto se repone a su estado inicial.
- 5 Si los valores obtenidos se encuentran fuera de los márgenes aceptables, procedes como se indica a continuación para ajustar el instrumento:

Girar la tuerca o tornillo de ajuste según sea el error, y repetir los pasos del 3 al 5 hasta conseguir que los valores obtenidos sean los especificados en la hoja de datos.

7.5.12 Calibración de Equipos de Pesaje. Células

Consideraciones previas.

- 1 Comprobar que las células no soportan peso de las estructuras.
- 2 Comprobar que las células no están torcidas ni aplastadas.
- 3 Comprobar que las células tienen un cable de tierra by-paseando la célula.

Comprobación.

- **Comprobación del aislamiento de la resistencia interna**

- 1 Desconecta la célula de carga del circuito.
- 2 Trenza los cuatro hilos (rojo, verde, blanco y negro) juntos, conecta el medidor de mega-ohmios entre los hilos y el metal del cuerpo de la célula de carga, y anota la lectura del medidor.
- 3 Destrenza los hilos, y conecta el medidor de mega-ohmios entre el hilo de tierra (naranja o claro) y cada hilo individualmente, y toma la lectura para cada uno
- 4 Las lecturas de aislamiento deben estar por encima de 500 mega-ohmios.
- 5 Resultados:
 - a) Si están por encima, pasa a comprobar el circuito de la célula de carga.
 - b) Si el aislamiento esta por debajo, posiblemente debe ser reemplazada, ya que la humedad puede haber penetrado dentro de la célula, o un corto circuito debido a un sobrevoltaje.

• **Comprobación del circuito de la célula de carga**

- 1) Determina el código de colores de la célula de carga, referirse a la hoja de datos o especificaciones de la célula:

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
+ Entrada	Rojo	Verde
- Entrada	Negro	Negro
+ Salida	Verde	Blanco
- Salida	Blanco	Rojo
Tierra	Naranja, Amarillo o claro	

- 2) De la hoja de datos, determina lo siguiente:

Resistencia de entrada: _____ $\Omega \pm$ _____ %

Resistencia de salida: _____ $\Omega \pm$ _____ %

- 3) Asegúrate de que la célula está desconectada. Conecta el medidor de ohmios entre la entrada “+” y la entrada negativa “-”.

Anota la lectura: _____ Ω .

Compara la resistencia determinada de la entrada con la de las especificaciones del punto 2).

- a) Si la lectura está dentro de las especificaciones pasa al punto 4).
- b) Si la lectura está por encima o por debajo de el rango especificado pasa al siguiente punto, pero ten en cuenta está condición en punto 4).

- 4) Determinación de si el circuito es simétrico.

Conecta los dos hilos de salida juntos.

Mide la lectura del medidor de ohmios, entre los hilos de salida y el hilo “+” de entrada y también entre los hilos de salida y el hilo “-” de entrada.

“+” salida/ “+” entrada: _____ Ω

“+” salida/ “-” entrada: _____ Ω

Estas dos lecturas deben estar $\pm 1\%$ una de otra.

- 5) Un fallo en el test puede indicar que una parte del circuito de la célula de carga está abierta. Esto posiblemente sea el resultado de un sobre-voltaje (truenos, arcos de soldadura), daños físicos de vibraciones o fatiga, o excesiva temperatura.

• **Comprobación del cero**

- 1) Para hacer este test asegúrate que todos los hilos están desconectados, y todo peso fuera de la célula de carga.

- 2) De la hoja de datos de la célula toma los siguientes datos:

Voltaje de alimentación recomendado: _____ Voltios

Rango de salida in mV/V: _____ mV/V

Balance de cero: _____ % del rango de salida.

- 3) Conecta la alimentación a la célula. Asegúrate que la polaridad es correcta.

Mide la milivoltios de salida: _____ mV

- 4) Matemáticamente, divide los milivoltios de salida por el voltaje de entrada para obtener los mV/V de salida para carga cero: _____ mV/V.

Compara este resultado con el de la hoja de datos

- 5) Con la alimentación conectada y el voltímetro conectado a los hilos de salida, ligeramente golpea la célula de carga. Mira que las lecturas de salida durante este test. Las lecturas no deberán volverse erráticas, deberán permanecer bastante estable y deben volver a la lectura original de cero. Las lecturas erráticas pueden indicar una mala conexión eléctrica.
- 6) Si las lecturas tomadas son o cerca de la especificación original o certificado de calibración, entonces la célula probablemente esté bien.

Si este no fuese así, esto indica que:

- a) Probablemente la célula este permanentemente deformada por sobrecargas de peso, y/o
- b) Daño físico, y/o
- c) Daño químico, y/o
- d) Humedad, y/o
- e) Sobre-voltaje.

7.6 Hojas de Calibración de Instrumentos.

Los equipos de instrumentación serán calibrados cada año si son críticos, y cada dos años en caso contrario.

Se definen como equipos críticos aquellos que por seguridad de las personas o de las máquinas, tanto por calidad de producción así se declaren.

En esta instalación serán equipos críticos:

FIRCSA-010:	Caudal de aire de recirculación.
SISA-013:	Vibraciones del molino.
PICSA-012:	Presión Hidráulica del molino.

Todos estos instrumentos son críticos por seguridad tanto del molino como de las personas.

No hay ningún crítico de calidad de producción ya que no es necesario.

MANTENIMIENTO

TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE INDICADORES

MANOMETROS DE PRESIÓN

TAG		OT		TIPO DE COSTE	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO			

DATOS	MARCA	MODELO	N° SERIE
EQUIPO			

DATOS DE PROCESO	FLUIDO	TEMPERATURA EN °C			PRESIÓN EN Barg		
	<input type="text"/>	NORMAL <input type="text"/>	MÍNIMO <input type="text"/>	MÁXIMO <input type="text"/>	NORMAL <input type="text"/>	MÍNIMO <input type="text"/>	MÁXIMO <input type="text"/>

RELACIÓN MEDIDA	LINEAL <input type="checkbox"/>	INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA					
	CUADRÁTICA <input type="checkbox"/>	TAG	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	GLICERINA	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>
TIPO MEDIDA	DIFERENCIAL <input type="checkbox"/>	PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	HOJA	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>
	RELATIVA <input type="checkbox"/>	MEMBRANA	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	SELLO SEPARADOR	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>
	ABSOLUTA <input type="checkbox"/>	MANIFOLD	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	TUBOS DE MEDIDA	LIMPIOS <input type="checkbox"/>	SUCIOS <input type="checkbox"/>

		ZERO	SPAN
Unidades de entrada	bar		

ENCONTRADO			DEJADO		
INPUT	OUTPUT	ERROR	INPUT	OUTPUT	ERROR
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

CALIBRACIÓN

ACCIONES CORRECTIVAS	PATRONES UTILIZADOS

ACEPTACIÓN EQUIPO	APTO <input type="checkbox"/>	NO APTO <input type="checkbox"/>
--------------------------	-------------------------------	----------------------------------

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

	MANTENIMIENTO
	TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN
CALIBRACIÓN DE INDICADORES	TERMÓMETROS

TAG		OT	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO	

DATOS	MARCA	MODELO	N° SERIE
EQUIPO			

DATOS DE PROCESO	FLUIDO	TEMPERATURA EN °C			PRESIÓN EN Barg		
	<input type="text"/>	NORMAL <input type="text"/>	MÍNIMO <input type="text"/>	MÁXIMO <input type="text"/>	NORMAL <input type="text"/>	MÍNIMO <input type="text"/>	MÁXIMO <input type="text"/>

VAINA	SI <input type="checkbox"/>	INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA					
	NO <input type="checkbox"/>	TAG	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	VAINA	LIMPIA <input type="checkbox"/>	SUCIA <input type="checkbox"/>
TIPO MEDIDA	BIMETAL <input type="checkbox"/>	PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	CAPILAR	BIEN <input type="checkbox"/>	ROTO <input type="checkbox"/>
	BIULBO <input type="checkbox"/>	CRISTAL	BIEN <input type="checkbox"/>	ROTO <input type="checkbox"/>	AGUJA	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>
	CAPILAR <input type="checkbox"/>	GLICERINA	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>		CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>

	ZERO	SPAN
Unidades de entrada	°C	

ENCONTRADO			DEJADO		
INPUT	OUTPUT	ERROR	INPUT	OUTPUT	ERROR
0	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
0	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
1	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
1	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
1	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
1	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
1	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
1	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
0	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0
0	<input type="text"/>	0	0	<input type="text"/>	0

CALIBRACIÓN

ACCIONES CORRECTIVAS	PATRONES UTILIZADOS

ACEPTACIÓN EQUIPO	APTO <input type="checkbox"/> NO APTO <input type="checkbox"/>
--------------------------	---

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO

TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DIGITALES

INTERRUPTORES DE NIVEL

TAG		OT		TIPO DE COSTE	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO			

DATOS DE PROCESO

FLUIDO		TEMPERATURA EN °C	PRESIÓN EN Barg
		NORMAL <input type="checkbox"/> MÍNIMO <input type="checkbox"/> MÁXIMO <input type="checkbox"/>	NORMAL <input type="checkbox"/> MÍNIMO <input type="checkbox"/> MÁXIMO <input type="checkbox"/>

INSTRUMENTO	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE

VARIABLE	<input type="text"/>	CONEXIÓN	MEDIDA	Otros ajustes
Alimentación eléctrica	<input type="text"/> V	2 hilos <input type="checkbox"/>	VIBRATORIO <input type="checkbox"/>	Time delay $\tau =$ <input type="text"/> sg
Contacto	NA <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>	PNP <input type="checkbox"/>	CAPACITATIVO <input type="checkbox"/>	Capacitancia C = <input type="text"/> F
Nivel	ALTO <input type="checkbox"/> BAJO <input type="checkbox"/>	NPN <input type="checkbox"/>	MAGNÉTICO <input type="checkbox"/>	
		RELE <input type="checkbox"/>		

INSPECCIÓN VISUAL	CALIBRACIÓN
TAG CORRECTO <input type="checkbox"/> INCORRECTO <input type="checkbox"/>	SELECTOR
PLACA IDENTIFICACIÓN CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/>	NIVEL
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/>	MAX VACIO <input type="checkbox"/> CERRADO <input type="checkbox"/>
ORIENTACIÓN CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/>	MAX LLENO <input type="checkbox"/> ABIERTO <input type="checkbox"/>
PRODUCTO ADHERIDO CORRECTO <input type="checkbox"/> INCORRECTO <input type="checkbox"/>	MIN VACIO <input type="checkbox"/> CERRADO <input type="checkbox"/>
CORROSIÓN CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/>	MIN LLENO <input type="checkbox"/> ABIERTO <input type="checkbox"/>
	TEST
	<input type="text"/>
	<input type="text"/>

PATRONES UTILIZADOS

PATRÓN	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE

ACCIONES CORRECTIVAS

ACEPTACIÓN EQUIPO

APTO

NO APTO

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DIGITALES

PRESOSTATOS

TAG		OT	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO	

DATOS DE PROCESO

FLUIDO	TEMPERATURA EN °C	PRESIÓN EN Barg
<input type="text"/>	NORMAL <input type="text"/> MÍNIMO <input type="text"/> MÁXIMO <input type="text"/>	NORMAL <input type="text"/> MÍNIMO <input type="text"/> MÁXIMO <input type="text"/>

INSTRUMENTO	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE

TIPO PS	BOURDON <input type="checkbox"/>	FUELLE <input type="checkbox"/>	DIAFRAGMA <input type="checkbox"/>	ESPIRAL <input type="checkbox"/>	HELICOIDAL <input type="checkbox"/>	CONTACTO
MEDIDA	RELATIVA <input type="checkbox"/>	DIFERENCIAL <input type="checkbox"/>	ABSOLUTA <input type="checkbox"/>	CON SELLO SEPARADOR <input type="checkbox"/>		

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	TARADO
Rango <input type="text"/> / <input type="text"/>	Punto de ajuste <input type="text"/>	DISPARO <input type="text"/>
Precisión <input type="text"/> %	Alimentación eléctrica <input type="text"/> V	REARME ↑ <input type="text"/> ↓ <input type="text"/>
Banda de rearme <input type="text"/> ↑ <input type="text"/> ↓ <input type="text"/>		

ENCONTRADO					DEJADO				
TEST	DISPARO	ERROR EN %	REARME	ERROR EN %	TEST	DISPARO	ERROR EN %	REARME	ERROR EN %
1	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	1	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!
2	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	2	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!
3	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	3	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!	<input type="text"/>	<input type="text"/> # _i DIV/0!

ERROR ENCONTRADO		ERROR DEJADO	
DISPARO	<input type="text"/> # _i DIV/0!	DISPARO	<input type="text"/> # _i DIV/0!
REARME	<input type="text"/> # _i DIV/0!	REARME	<input type="text"/> # _i DIV/0!

PATRONES UTILIZADOS

PATRÓN	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE

ACCIONES CORRECTIVAS

ACEPTACIÓN EQUIPO

APTO

NO APTO

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

	MANTENIMIENTO
	TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN
CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DIGITALES	TERMOSTATOS

TAG		OT	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO	

DATOS DE PROCESO			
FLUIDO	TEMPERATURA EN °C		PRESIÓN EN Barg
<input style="width: 100%;" type="text"/>	NORMAL <input style="width: 20%;" type="text"/>	MÍNIMO <input style="width: 20%;" type="text"/> MÁXIMO <input style="width: 20%;" type="text"/>	NORMAL <input style="width: 20%;" type="text"/> MÍNIMO <input style="width: 20%;" type="text"/> MÁXIMO <input style="width: 20%;" type="text"/>

INSTRUMENTO	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE

VARIABLE <input style="width: 100%;" type="text"/> Rango <input style="width: 20%;" type="text"/> / <input style="width: 20%;" type="text"/> Contacto NA <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Banda de rearme <input style="width: 20%;" type="text"/> ↑ <input type="checkbox"/> ↓ <input type="checkbox"/>	UNIDAD DE MEDIDA <input style="width: 100%;" type="text"/> Punto de ajuste <input style="width: 100%;" type="text"/> Alimentación eléctrica <input style="width: 20%;" type="text"/> V	TARADO DISPARO <input style="width: 20%;" type="text"/> REARME ↑ <input style="width: 20%;" type="text"/> ↓ <input style="width: 20%;" type="text"/>
---	---	---

ENCONTRADO					DEJADO					
TEST	DISPARO	ERROR EN %	REARME	ERROR EN %	TEST	DISPARO	ERROR EN %	REARME	ERROR EN %	
1	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	1	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	
2	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	2	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	
3	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	3	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	
ERROR ENCONTRADO					ERROR DEJADO					
DISPARO		<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	REARME		DISPARO		<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>	REARME		<input style="width: 100%; color: blue;" type="text" value="#;DIV/0!"/>

PATRONES UTILIZADOS			
PATRÓN	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE

ACCIONES CORRECTIVAS

ACEPTACIÓN EQUIPO	APTO <input type="checkbox"/>	NO APTO <input type="checkbox"/>
--------------------------	-------------------------------	----------------------------------

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO

TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE TRANSMISORES

TRANSMISORES DE CAUDAL POR PD

TAG		OT		TIPO DE COSTE	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO			

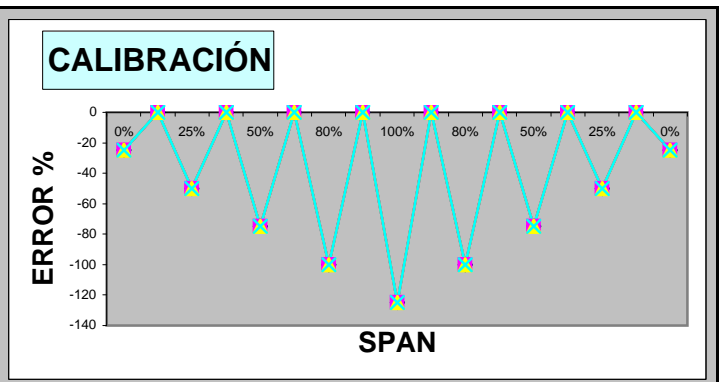
DATOS EQUIPO	MARCA	MODELO	N° SERIE

DATOS DE PROCESO	FLUIDO	TEMPERATURA EN °C			PRESIÓN EN Barg		
	SULFATO SR	NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO	NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO

RELACIÓN MEDIDA	LINEAL	<input type="checkbox"/>	INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA									
	CUADRÁTICA	<input type="checkbox"/>	TAG	CORRECTO	<input type="checkbox"/>	INCORRECTO	<input type="checkbox"/>	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	INCORRECTA	<input type="checkbox"/>
			PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	INCORRECTA	<input type="checkbox"/>	TUBOS DE MEDIDA	LIMPIOS	<input type="checkbox"/>	SUCIOS	<input type="checkbox"/>
			MEMBRANA	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	DAÑADA	<input type="checkbox"/>	PLACA ORIFÍCIC	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	DAÑADA	<input type="checkbox"/>
			MANIFOLD	CORRECTO	<input type="checkbox"/>	DAÑADO	<input type="checkbox"/>	POTE CONDENSADOS	LIMPIO	<input type="checkbox"/>	LLENO	<input type="checkbox"/>

Alimentación eléctrica	24	V	Unidades de entrada	mmca	ZERO	0	SPAN	
			Unidades de salida	mA		4		20

ENCONTRADO			DEJADO		
INPUT	OUTPUT	ERROR %	INPUT	OUTPUT	ERROR %
0	0	-25	0	0	-25
0	0	-50	0	0	-50
1	0	-75	0	0	-75
1	0	-100	0	0	-100
1	0	-125	0	0	-125
1	0	-100	0	0	-100
1	0	-75	0	0	-75
0	0	-50	0	0	-50
0	0	-25	0	0	-25



ACCIONES CORRECTIVAS

PATRONES UTILIZADOS

ACEPTACIÓN EQUIPO APTO NO APTO

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE TRANSMISORES

PESAJE

TAG		OT	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO	

DATOS DE PROCESO

PRODUCTO		TEMPERATURA EN °C	
	NORMAL <input type="text"/>	MÍNIMO <input type="text"/>	MÁXIMO <input type="text"/>
		PRESION EN Barg	
		NORMAL <input type="text"/>	MÍNIMO <input type="text"/> MÁXIMO <input type="text"/>

INSTRUMENTO	FABRICANTE	MODELO	N° SERIE
CÉLULA			
TRANSMISOR			

VARIABLE <input type="text" value="PESO"/> Rango Máximo <input type="text" value="0"/> / <input type="text" value="1000"/> UNIDADES DE MEDIDA <input type="text" value="Kg"/> Alimentación eléctrica <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="V"/>	CÉLULAS DE CARGA N° de células <input type="text"/> Balance del cero <input type="text"/> mV/V Resistencia de entrada <input type="text"/> Ω Resistencia de salida <input type="text"/> Ω	INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA TAG CORRECTO <input type="checkbox"/> INCORRECTO <input type="checkbox"/> PLACA IDENTIFICACIÓN CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/> ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/> SONDA CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/> CAJA SUMA CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/> SOPORTACIÓN CORRECTA <input type="checkbox"/> INCORRECTA <input type="checkbox"/>
---	--	--

ENCONTRADO					DEJADO				
TEST	PESO PATRÓN	DISPLAY	ERROR	ERROR EN % SPAN	TEST	PESO PATRÓN	DISPLAY	ERROR	ERROR EN % SPAN
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0,00	0,00	1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0,00	0,00
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0,00	0,00	2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0,00	0,00
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0,00	0,00	3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0,00	0,00
ERROR ENCONTRADO DIFERENCIA <input type="text" value="0,00"/> ERROR SOBRE EL SPAN <input type="text" value="0,00"/>					ERROR DEJADO DIFERENCIA <input type="text" value="0,00"/> ERROR SOBRE EL SPAN <input type="text" value="0,00"/>				

ACCIONES CORRECTIVAS

PATRONES UTILIZADOS

ACEPTACIÓN EQUIPO	APTO <input type="checkbox"/> NO APTO <input type="checkbox"/>
--------------------------	--

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO

TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE TRANSMISORES

TRANSMISORES DE PRESIÓN

TAG		OT		TIPO DE COSTE	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO			

DATOS	MARCA	MODELO	Nº SERIE
EQUIPO			

DATOS DE PROCESO	FLUIDO	TEMPERATURA EN °C			PRESIÓN EN Barg		
		NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO	NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO

RELACIÓN MEDIDA	LINEAL	<input type="checkbox"/>	INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA									
	CUADRÁTICA	<input type="checkbox"/>										
TIPO MEDIDA	DIFERENCIAL	<input type="checkbox"/>	TAG	CORRECTO	<input type="checkbox"/>	INCORRECTO	<input type="checkbox"/>	ALIMENTACIÓN NEUMÁTIC.	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	INCORRECTA	<input type="checkbox"/>
	RELATIVA	<input type="checkbox"/>	PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	INCORRECTA	<input type="checkbox"/>	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	CORRECTO	<input type="checkbox"/>	INCORRECTO	<input type="checkbox"/>
	ABSOLUTA	<input type="checkbox"/>	MEMBRANA	CORRECTA	<input type="checkbox"/>	INCORRECTA	<input type="checkbox"/>	SELLO SEPARADOR	CORRECTO	<input type="checkbox"/>	INCORRECTO	<input type="checkbox"/>
			MANIFOLD	CORRECTO	<input type="checkbox"/>	INCORRECTO	<input type="checkbox"/>	TUBOS DE MEDIDA	LIMPIOS	<input type="checkbox"/>	SUCIOS	<input type="checkbox"/>

Alimentación eléctrica	24	V			ZERO	SPAN
			Unidades de entrada			
			Unidades de salida	mA	4	20

ENCONTRADO			DEJADO		
INPUT	OUTPUT	ERROR	INPUT	OUTPUT	ERROR
0	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
0	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
1	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
1	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
1	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
1	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
1	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
1	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
0	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!
0	0	#iDIV/0!	0		#iDIV/0!

CALIBRACIÓN

ACEPTACIÓN EQUIPO	APTO <input type="checkbox"/>	NO APTO <input type="checkbox"/>
--------------------------	-------------------------------	----------------------------------

ACCIONES CORRECTIVAS	PATRONES UTILIZADOS

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO

TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE TRANSMISORES

TRANSMISORES DE TEMPERATURA

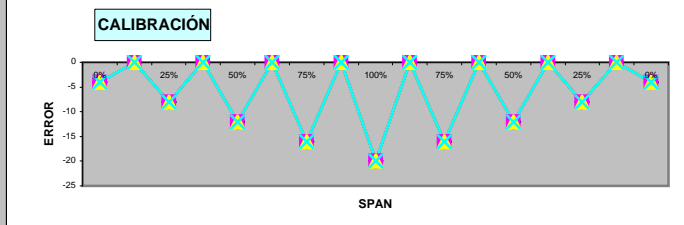
TAG		OT		TIPO DE COSTE	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO			

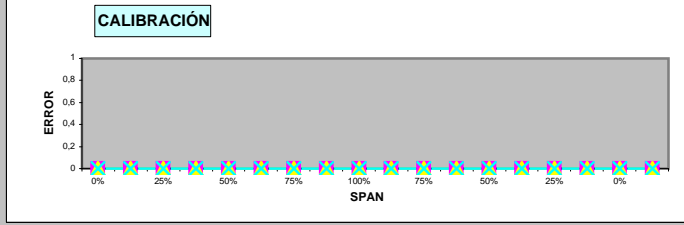
DATOS	MARCA	MODELO	N° SERIE
TE			
TT			

DATOS DE PROCESO	FLUIDO	TEMPERATURA EN °C			PRESIÓN EN Barg		
		NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO	NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO

INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA

TAG	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>
PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	VAINA	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>

ENCONTRADO			DEJADO			TT	
INPUT	OUTPUT	ERROR	INPUT	OUTPUT	ERROR	ZERO	SPAN
0		-4	0		-4		
0		-8	0		-8	Unidades de entrada	Ω
1		-12	0		-12	Unidades de salida	mA
1		-16	0		-16		4
1		-20	0		-20		20
1		-16	0		-16	CALIBRACIÓN	
1		-12	0		-12		
0		-8	0		-8		
0		-4	0		-4		

		ENCONTRADO			TE		ZERO	SPAN
		INPUT	Ω/mV	OUTPUT	ERROR	Unidades de entrada	°C	
TERMORESISTENCIA	<input type="checkbox"/>	0			0	Unidades de salida	°C	
TERMOPAR	<input type="checkbox"/>	0			0	CALIBRACIÓN		
PT-1000	<input type="checkbox"/>	0			0			
N° DE HILOS	<input type="checkbox"/>	0			0			
SIMPLE	<input type="checkbox"/>	0			0			
DOBLE	<input type="checkbox"/>	0			0			

ACCIONES CORRECTIVAS	PATRONES UTILIZADOS

ACEPTACIÓN EQUIPO APTO NO APTO

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

MANTENIMIENTO TALLER ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN

CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS

SERVOMOTORES

TAG		OT	
SITUACIÓN		PROCEDIMIENTO	

DATOS	MARCA	MODELO	N° SERIE
ACTUADOR			
VÁLVULA			

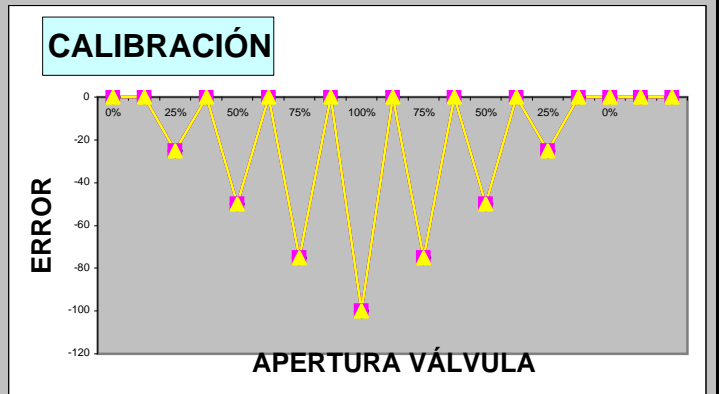
DATOS DE PROCESO	FLUIDO	TEMPERATURA EN °C			PRESIÓN EN Barg		
	<input style="width: 100%;" type="text"/>	NORMAL <input style="width: 100%;" type="text"/>	MÍNIMO <input style="width: 100%;" type="text"/>	MÁXIMO <input style="width: 100%;" type="text"/>	NORMAL <input style="width: 100%;" type="text"/>	MÍNIMO <input style="width: 100%;" type="text"/>	MÁXIMO <input style="width: 100%;" type="text"/>

<p>POSICIÓN EN FALLO</p> <p>ABRE <input type="checkbox"/></p> <p>IGUAL <input type="checkbox"/></p> <p>CIERRA <input type="checkbox"/></p> <hr/> <p style="text-align: center;">MOTOR</p> <p>Tensión <input style="width: 50%;" type="text"/> V</p> <p style="text-align: center;">Aislamientos</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>U-V</td><td>U-W</td><td>V-W</td><td>U-T</td><td>V-T</td><td>W-T</td><td>Ω</td> </tr> <tr> <td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td><td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td><td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td><td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td><td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td><td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td><td><input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/></td> </tr> </table>	U-V	U-W	V-W	U-T	V-T	W-T	Ω	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<p style="text-align: center;">INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>TAG</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> <td>ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA</td><td>CORRECTA <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTA <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>PLACA IDENTIFICACIÓN</td><td>CORRECTA <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTA <input type="checkbox"/></td> <td>SELECTOR LOCAL/REMOTO</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DIRECCIÓN FLUJO</td><td>CORRECTA <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTA <input type="checkbox"/></td> <td>EMBRAGUE</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>VOLANTE MANUAL</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> <td>DISPLAY POSICIÓN</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <hr/> <p style="text-align: center;">INSPECCIÓN VISUAL INTERNA</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>CUERPO</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> <td>CIERRE</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>MOTOR</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> <td>ACTUADOR</td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> <td></td><td>CORRECTO <input type="checkbox"/></td><td>INCORRECTO <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	TAG	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	SELECTOR LOCAL/REMOTO	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	DIRECCIÓN FLUJO	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	EMBRAGUE	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	VOLANTE MANUAL	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	DISPLAY POSICIÓN	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	CUERPO	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	CIERRE	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	MOTOR	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	ACTUADOR	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>		CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>		CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>
U-V	U-W	V-W	U-T	V-T	W-T	Ω																																																			
<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>																																																			
TAG	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>																																																				
PLACA IDENTIFICACIÓN	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	SELECTOR LOCAL/REMOTO	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>																																																				
DIRECCIÓN FLUJO	CORRECTA <input type="checkbox"/>	INCORRECTA <input type="checkbox"/>	EMBRAGUE	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>																																																				
VOLANTE MANUAL	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	DISPLAY POSICIÓN	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>																																																				
CUERPO	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	CIERRE	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>																																																				
MOTOR	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>	ACTUADOR	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>																																																				
	CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>		CORRECTO <input type="checkbox"/>	INCORRECTO <input type="checkbox"/>																																																				

Alimentación eléctrica <input style="width: 50%;" type="text"/> 24 V		ZERO	SPAN
Unidades de entrada	mA	4	20
Unidades de salida	%	0	100

ENCONTRADO					DEJADO				
INPUT	OUTPUT	FEEDB	ERROR		INPUT	OUTPUT	FEEDB	ERROR	
0	4			0	4			0	
0	8			-25	8			-25	
1	12			-50	12			-50	
1	16			-75	16			-75	
1	20			-100	20			-100	
1	16			-75	16			-75	
1	12			-50	12			-50	
0	8			-25	8			-25	
0	4			0	4			0	

SEÑALIZA ZSO SI NO SEÑALIZA ZSC SI NO



ACCIONES CORRECTIVAS	PATRONES UTILIZADOS
-----------------------------	----------------------------

ACEPTACIÓN EQUIPO	APTO <input type="checkbox"/> NO APTO <input type="checkbox"/>
--------------------------	--

REALIZADO:	REVISADO:	APROBADO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:

7.7 Procedimientos Mecánicos

7.7.1 Procedimiento de trabajo para revisar una Válvula Rotativa

Nº	QUE	COMO
1	Engrase de rodamientos	Situar la bomba de engrase en los puntos de grasa, realizar tantas bombadas como se recomiende en el manual.
2	Cambio de aceite de la reductora.	Quitamos tapón de llenado. Quitamos tapón de drenaje. Vaciamos el aceite del cárter. Introducimos el aceite.
3	Comprobación del acoplamiento.	Quitamos defensa. Comprobamos que los tacos estén bien. Se comprueba la alineación.
4	Comprobación del indicador de desgaste.	Visualmente (tiene un testigo).
5	Limpieza del equipo.	Una vez terminado el trabajo se limpiará la zona de trabajo.
6	Revisión de la rotativa.	Quitar defensa. Desacoplamos el conjunto motriz. Quitamos los tornillos de las tolvas. Sacamos la rotativa y la llevamos al taller. Desmontaje de las tapas laterales. Extraemos los rodamientos y retenes. Extraemos el eje alveolar y comprobamos el desgaste de las palas.
7	Montaje de la rotativa	Realizaremos el inverso del Paso 6. Cambiaremos las piezas que estén en mal estado.
8	Funcionamiento de la máquina.	Mirar descripción del funcionamiento.

7.7.2 Procedimiento de trabajo revisión Tornillo Sinfín

<i>Nº</i>	<i>QUE</i>	<i>COMO</i>
1	Cambio de aceite del reductor.	N/A
2	Engrase de rodamientos.	N/A
3	Comprobación de sello de aire.	N/A
4	Comprobar apriete de tornillería.	N/A

7.7.3 Procedimiento de trabajo para una Cinta de Transporte

Nº	QUE	COMO
1	Comprobar visualmente estado de cinta. Cambiar si se aprecia síntoma de desgaste	<ul style="list-style-type: none">• NA
2	Comprobar alineación de la cinta.	<ul style="list-style-type: none">• NA• En caso de necesidad de alineación, con cinta en marcha, se va regulando posición hasta centrarse.
3	Revisar estado de los rodillos de arrastre	<ul style="list-style-type: none">• Comprobar manualmente que gire suave y que los rodamientos no tengan holgura
4	Engrase de tambor	<ul style="list-style-type: none">• Con grasa normal, dar bombazos hasta que se vea que sale por el rodamiento.
5	Revisar nivel de aceite del motor reductor (en caso de que lleve)	<ul style="list-style-type: none">• Inspección visual

7.7.4 Procedimiento de trabajo para limpieza intercambiador de aceite.

Nº	QUE	COMO
1	Comprobar visualmente estado del intercambiador.	<ul style="list-style-type: none">• Si la pérdida de presión y la temperatura superan la media normal
2	Puesta fuera de servicio	<ul style="list-style-type: none">• Se deben abrir las ventilaciones, de forma que el intercambiador se pueda vaciar rápidamente a través de las conexiones de vaciado.
3	Conexiones de agua	<ul style="list-style-type: none">• Extraer conexiones de agua que carecen de manguitos, y limpiarse la superficie interna de los tubos refrigeradores con un cepillo.• Seguidamente debe pasarse agua por los tubos.
4	Estanqueidad	<ul style="list-style-type: none">• Al volver a instalar se debe comprobar la estanqueidad

7.7.5 Procedimiento de trabajo para carga aceite Equipo Lubricación Reductora y Grupo Hidráulico Rodillos.

Nº	QUE	COMO
1	Llenado de aceite.	<ul style="list-style-type: none">• El llenado se realizará mediante una bomba de aceite auxiliar a través del depósito de aceite.
2	Cartuchos Filtros	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza de los cartuchos de filtro.
3	Nivel de llenado	<ul style="list-style-type: none">• El llenado se realiza hasta alcanzar el nivel máximo de aceite estando la bomba parada.
4	Estanqueidad	<ul style="list-style-type: none">• Todas las tuberías, racores y bridas se han de reapretar, en especial las tuberías de aspiración.• Las fugas se han de estanqueizar de nuevo.
5	Purga de aire	<ul style="list-style-type: none">• Si se detecta entrada de aire en el circuito, se deberá purgar los purgadores dispuestos para el mismo.

7.8 Procedimientos Eléctricos

7.8.1 Procedimiento de trabajo en Instalaciones con condensadores

SECUENCIA	ACCIONES	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>1. Estado inicial</p> <p>2. Desconectar los de la fuente de tensión</p> <p>3. Proceder a su descarga</p> <p>4. Poner a tierra y en cortocircuito.</p>	<p>1.1 Baterías de condensadores en marcha.</p> <p>2.1 Se efectuará y asegurará la separación de las posibles fuentes de tensión mediante su desconexión, ya sea con corte visible o testigos de ausencia de tensión fiables.</p> <p>3.1 Se aplicará un circuito de descarga a los bornes de los condensadores, que podrá ser el circuito de puesta a tierra y en cortocircuito</p> <p>3.2 Se esperará el tiempo necesario para la descarga.</p> <p>4.1 Se efectuará la puesta a tierra y en cortocircuito de los condensadores.</p>	<p>Como es sabido, la carga eléctrica acumulada en un condensador es directamente proporcional a su capacidad y a la tensión de carga:</p> $Q = C \times U.$ <p>Hay que descargar cualquier condensador existente en la instalación antes de iniciar los trabajos sin tensión, porque una descarga sobre el cuerpo, aunque no llegue a causar daños de forma directa, puede provocar movimientos incontrolados del trabajador.</p>	<p>Antes de proceder a la descarga de los condensadores es necesario asegurarse de que la desconexión se ha realizado de manera efectiva. Cuando se trate de una batería de condensadores capaz de almacenar una gran cantidad de energía, se recomienda utilizar un descargador con una resistencia apropiada para que la descarga se produzca sin riesgo, es decir, de forma progresiva. Una vez que la descarga haya concluido se puede pasar a la tercera etapa, es decir, efectuar su puesta a tierra y en cortocircuito.</p>

7.8.2 Procedimiento de trabajo en Motores de MT.

SECUENCIA	ACCIONES	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>1. Máquina parada</p> <p>2. Desconectar alimentación</p> <p>3. Bornes en cortocircuito y a tierra.</p>	<p>La máquina debe estar parada.</p> <p>Se desconectará la alimentación al equipo.</p> <p>Los bornes estarán en cortocircuito y a la red de tierras</p>	<p>Estos riesgos pueden ser de tipo eléctrico y mecánico</p>	<p>En relación con la prevención de los riesgos eléctricos, es necesario garantizar previamente la desconexión de las fuentes de alimentación y, tras asegurarse de que el motor o generador están completamente parados, proceder a la colocación de la puesta a tierra y en cortocircuito de sus bornes. Para garantizar que la máquina se mantenga parada es recomendable el empleo de un sistema de bloqueo mecánico (por ejemplo, el bloqueo del rotor de la máquina).</p>

7.8.3 Procedimiento de trabajo para una puesta a tierra y en cortocircuito

SECUENCIA	ACCIONES	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
1. Comprobaciones equipo	<p>1.1 Comprobación visual del buen estado del equipo de puesta a tierra y cortocircuito.</p> <p>1.2 Comprobar que el verificador de ausencia de tensión es el apropiado.</p> <p>1.3 Comprobación visual del buen estado del equipo de protección individual, especialmente de los guantes aislantes para alta tensión.</p> <p>1.4 Comprobar el buen funcionamiento del verificador de ausencia de tensión, prestando especial atención a la tensión o gama de tensiones nominales y al estado de las baterías.</p>	Estos riesgos pueden ser de tipo eléctrico.	<p>Instalar la puesta a tierra y en cortocircuito en el lado en que no exista o, lo que puede resultar más sencillo, instalar un puente entre las dos partes del conductor que se va a cortar. En este caso, el conductor y las pinzas de conexión deberán estar dimensionados para soportar la misma intensidad de cortocircuito prevista para el equipo de puesta a tierra y en cortocircuito.</p> <p>Es preferible utilizar los puntos fijos de puesta a tierra para efectuar la conexión a tierra de la instalación</p>
2. Puesta a tierra	<p>2.1 Conectar la pinza o grapa de puesta a tierra al electrodo de tierra (pica, punto fijo, estructura metálica, etc.) y, en su caso, desenrollar totalmente el conductor de puesta a tierra.</p> <p>2.2 Ponerse los guantes aislantes, las gafas inactivas, la pantalla facial, el casco de seguridad y, si procede, el arnés o cinturón de seguridad. (Si la pantalla facial es inactiva, no serán necesarias las gafas).</p> <p>2.3 Situar, si es factible, sobre alfombra aislante.</p> <p>2.4 Verificar la ausencia de tensión en cada una de las fases.</p>		
3. Colocación puesta a tierra.	<p>3.1 Conectar las pinzas del equipo de puesta a tierra y cortocircuito a cada una de las fases mediante la pértiga aislante.</p>		

7.8.4 Procedimiento de trabajo para reposición de tensión.

SECUENCIA	ACCIONES	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Reposición de tensión.	<p>La reposición de la tensión sólo comenzará, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona de trabajo las herramientas y equipos utilizados.</p> <p>El proceso de reposición de la tensión comprenderá:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo. b) La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito. c) El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte. d) El cierre de los circuitos para reponer la tensión. <p>Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.</p>	Electrocución.	<p>En el transcurso de las citadas operaciones debe prestarse especial atención a los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. La previa notificación a todos los trabajadores involucrados de que va a comenzar la reposición de la tensión. b. La comprobación de que todos los trabajadores han abandonado la zona, salvo los que deban actuar en la reposición de la tensión. c. Asegurarse de que han sido retiradas la totalidad de las puestas a tierra y en cortocircuito. d. Informar, en su caso, al responsable de la instalación de que se va a realizar la conexión. e. Accionar los aparatos de maniobra correspondientes. <p>Como ya se ha dicho, los equipos de protección individual y los equipos auxiliares usados por los trabajadores deben reunir los mismos requisitos que los utilizados en la desconexión de la instalación.</p>

7.8.5 Procedimiento de Búsqueda de Corrientes de Fuga

SECUENCIA	ACCIONES	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>Búsqueda Corrientes de Fuga</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para encender la pinza amperimétrica, pulse el botón de encendido. 2. Abra las mordazas e inserte el conductor en comprobación a través de ellas, asegurándose de que la parte superior de las mordazas estén bien cerradas. 3. Una vez que la lectura se estabilice, lea el valor. Si la lectura fuera difícil de leer, utilice la función DATA HOLD (Retención de datos). 4. Asegúrese de que la pinza las mordazas estén perpendiculares al conductor. 5. Para una lectura óptima, asegúrese de que el conductor esté entre las marcas de alineación presentes en las mordazas de la pinza amperimétrica. 	<p>Riesgo de electrocución</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lea las instrucciones de uso antes de utilizar el instrumento y siga todas las instrucciones de seguridad. ▪ Emplee la pinza amperimétrica únicamente como se indica en las instrucciones de uso; de lo contrario, las características de seguridad de la pinza pueden no protegerlo. ▪ Respete los códigos de seguridad locales y nacionales. En los lugares donde haya conductores energizados expuestos se debe utilizar equipo de protección individual para evitar lesiones por descargas eléctricas y arcos. ▪ Antes de cada uso, examine la pinza amperimétrica. ▪ Compruebe que no tenga grietas ni falten partes de la caja del instrumento. Asegúrese también de que no haya componentes sueltos o flojos. Preste especial atención al aislamiento que rodea las mordazas. ▪ Antes de abrir la caja para cambiar la batería, desconecte la pinza amperimétrica de los conductores medibles en comprobación. ▪ Evite utilizar el instrumento si ha sido expuesto a la lluvia o la humedad, o si tiene las manos mojadas. ▪ No utilice el instrumento en una atmósfera donde haya gas inflamable o explosivo. ▪ No utilice la pinza amperimétrica cerca de equipos que emitan ruido o donde pueda haber cambios bruscos de temperatura. De lo contrario, la pinza puede producir lecturas inestables o errores. ▪ Nunca utilice la pinza amperimétrica en un circuito con voltajes superiores a 300 V CAT III. ▪ Los equipos CAT III están diseñados para proteger contra corrientes transitorias en los equipos empleados en instalaciones de equipo fijo, tales como paneles de distribución, alimentadores, circuitos de ramales cortos y sistemas de iluminación de grandes edificios. ▪ Tenga extrema precaución al trabajar cerca de conductores sin aislamiento o barras colectoras. El contacto con el conductor podría producir una descarga eléctrica.

Planificación del Mantenimiento de un Molino de Rodillos en una Industria dedicada la Fabricación de Carbonato de Estroncio.

7.9 Ensayos Eléctricos

Con estos ensayos comprobaremos el estado de los cables de MT y BT, así como la comprobación de los motores de MT y BT.

ENSAYOS

MANTENIMIENTO

ENSAYO DE CABLES DE FUERZA M.T.

ENSAYOS-EBT-2

MANTENIMIENTO ELECTRICO E INSTRUMENTACION
OT: AÑO

TENSIÓN NOMINAL : (kV) _____

TIPO DE PRUEBA

DESIGNACIÓN DEL CABLE	DESDE	HASTA	TIPO DE PRUEBA							OBSERVACIONES
			CONTINUID.		RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Mn)			RIGIDEZ DIELECTRICA		
			BIEN	MAL	COND./COND	COND/ TIERRA	COND/PANT.	PANT. TIERRA	Kv. C.C. H.A.	

EQUIPO DE MEDIDA PARA ENSAYO: _____

TESIÓN ENSAYO: _____

REALIZADO:
FECHA:

FIRMA :

REVISADO:
FECHA:

FIRMA :

APROBADO:
FECHA:

FIRMA :

ENSAYOS

MANTENIMIENTO

ENSAYO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE BT

MANTENIMIENTO ELECTRICO E INSTRUMENTACION

ENSAYOS-EBT-3.1

OT: AÑO

CARACTERÍSTICAS

PLACA CARACTERÍSTICAS

DESIGNACION : _____ PROTECCIÓN MECÁNICA : _____
UBICACIÓN _____ CLASE DE AISLAMIENTO: _____
MARCA _____ MARCADO CE: _____
TIPO: _____ MARCADO Ex: _____
Nº DE FABRICACIÓN: _____ FECHA FABRICACIÓN: _____

Pn (kW)	Un (V)	In (A)	Nº DE FASES	Fn (Hz)	CONEX	<-----> DESDE LADO ACOPLAMIENTO	R.P.M.	COS φ	LARRANQUE Ia/In

OTROS DATOS

RESISTENCIA CALEFACCION: _____
RTDs DEVANADOS: _____
RTDs COJINETES: _____

AISLAMIENTO

EQUIPO DE MEDIDA PARA ENSAYO: _____

MARCA _____ MODELO: _____ Nº DE SERIE: _____

TENSIÓN ENSAYO	Cable	R-S	S-T	R-T	R-G	S-G	T-G

CRITERIO DE VALIDEZ: _____

TENSIÓN ENSAYO	Cable+Motor	RST-G

CRITERIO DE VALIDEZ: _____

OBSERVACIONES : _____

REALIZADO :

FECHA:

FIRMA :

REVISADO :

FECHA:

FIRMA :

APROBADO :

FECHA:

FIRMA :

ENSAYOS

ENSAYO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE BT

ENSAYOS-EBT-3.2

MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO E INSTRUMENTACION

OT: AÑO

CAJA DE BORNAS

	MÉTRICA	PAR DE APRIETE [Nm]
FASE R		
FASE S		
FASE T		

MEDIDA RESISTENCIAS ELÉCTRICAS

FASE R	FASE S	FASE T

Criterio de aceptación: <5%

LISTA DE VERIFICACIÓN

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> COMPROBACIÓN DATOS DE PLACA | <input type="checkbox"/> ETIQUETADO |
| <input type="checkbox"/> MOTOR APTO PARA ZONA CLASIFICADA DONDE ESTÁ INSTALADO | <input type="checkbox"/> AISLADORES |
| <input type="checkbox"/> VENTILADOR | <input type="checkbox"/> PUNTAS DE CONEXIÓN |
| <input type="checkbox"/> PINTURA | <input type="checkbox"/> MALLAS |
| <input type="checkbox"/> INTEGRIDAD MECÁNICA | <input type="checkbox"/> PUESTAS A TIERRA |
| <input type="checkbox"/> RODAMIENTOS | <input type="checkbox"/> ARMADURAS |
| <input type="checkbox"/> BOTONERA | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | |

DOTACION DE SONDAS DE TEMPERATURA

- 6 PARA DEVANADOS
- 2 PARA COJINETES

CAJA DE BORNAS

- CORRECTAMENTE CERRADA
- ENTRADA INFERIOR DE CABLES
- PRENSAESTOPAS Y APRIETE CORRECTOS

OBSERVACIONES : _____

REALIZADO :

REVISADO:

APROBADO:

FECHA :

FECHA :

FECHA :

FIRMA :

FIRMA :

FIRMA :

ENSAYOS

ENSAYO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE MT
ENSAYOS-EBT-4.1

MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO ELECTRICO E INSTRUMENTACION

OT: AÑO

CARACTERÍSTICAS

PLACA CARACTERÍSTICAS

DESIGNACION : _____ PROTECCIÓN MECÁNICA : _____
UBICACIÓN _____ CLASE DE AISLAMIENTO: _____
MARCA _____ MARCADO CE: _____
TIPO: _____ MARCADO Ex: _____
Nº DE FABRICACIÓN: _____ FECHA FABRICACIÓN: _____

P_n (kW)	U_n (V)	I_n (A)	Nº DE FASES	F_n (Hz)	CONEX	<-----> DESDE LADO ACOPLAMIENTO	R.P.M.	$\cos \varphi$	LARRANQUE I_a/I_n

OTROS DATOS

RESISTENCIA CALEFACCION: _____
RTDs DEVANADOS: _____
RTDs COJINETES: _____

AISLAMIENTO

EQUIPO DE MEDIDA PARA ENSAYO: _____

MARCA _____ MODELO: _____ Nº DE SERIE: _____

TENSIÓN ENSAYO	Cable	R-S	S-T	R-T	R-G	S-G	T-G

CRITERIO DE VALIDEZ: _____

TENSIÓN ENSAYO	Cable+Motor	RST-G

CRITERIO DE VALIDEZ: _____

OBSERVACIONES : _____

REALIZADO :

FECHA:

FIRMA :

REVISADO :

FECHA:

FIRMA :

APROBADO :

FECHA:

FIRMA :

ENSAYOS

ENSAYO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE MT

ENSAYOS-EBT-4.2

MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO E INSTRUMENTACION

OT: AÑO

CAJA DE BORNAS

	MÉTRICA	PAR DE APRIETE [Nm]
FASE R		
FASE S		
FASE T		

MEDIDA RESISTENCIAS ELÉCTRICAS

FASE R	FASE S	FASE T

Criterio de aceptación: <5%

LISTA DE VERIFICACIÓN

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> COMPROBACIÓN DATOS DE PLACA | <input type="checkbox"/> ETIQUETADO |
| <input type="checkbox"/> MOTOR APTO PARA ZONA CLASIFICADA DONDE ESTÁ INSTALADO | <input type="checkbox"/> AISLADORES |
| <input type="checkbox"/> VENTILADOR | <input type="checkbox"/> PUNTAS DE CONEXIÓN |
| <input type="checkbox"/> PINTURA | <input type="checkbox"/> MALLAS |
| <input type="checkbox"/> INTEGRIDAD MECÁNICA | <input type="checkbox"/> PUESTAS A TIERRA |
| <input type="checkbox"/> RODAMIENTOS | <input type="checkbox"/> ARMADURAS |
| <input type="checkbox"/> BOTONERA | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | |

DOTACION DE SONDAS DE TEMPERATURA

- 6 PARA DEVANADOS
- 2 PARA COJINETES

CAJA DE BORNAS

- CORRECTAMENTE CERRADA
- ENTRADA INFERIOR DE CABLES
- PRENSAESTOPAS Y APRIETE CORRECTOS

OBSERVACIONES : _____

REALIZADO :

FECHA :

FIRMA :

REVISADO:

FECHA :

FIRMA :

APROBADO:

FECHA :

FIRMA :

Capítulo 8: Conclusiones

El mantenimiento dentro de la industria es un eje fundamental para la conservación de los equipos e instalaciones lo que me permite maximizar producción.

El mantenimiento proporciona confiabilidad, eficiencia y productividad a la industria, los resultados se evalúan en cantidad y calidad de producto.

Los equipos e instalaciones de una industria están sometidos a varios tipos de mantenimiento, que pueden ser correctivo, predictivo o preventivo, cada uno de estos son aplicables en la proporción que este lo requiera.

En el presente se habla de modelos de mantenimiento que se aplican a los diferentes equipos; estos modelos proponen metas claras y precisas, enfocados a los ejes funcionales de la empresa.

La planeación y programación del mantenimiento tiene la finalidad de trazar un proyecto que contenga las acciones a realizarse para el desempeño de la industria; es por esto que se programa incluyendo las tareas según el desempeño de cada elemento y se documenta con el propósito de analizar cuanto mantenimiento se realiza.

La planificación ayuda a documentar los mantenimientos que se aplica a cada uno de los equipos, llevar un histórico de actuaciones y prevenir fallos.