

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



GUIA PARA EL MONTAJE DE UN MOLINO
DE BOLAS 8' X 10' EN UNA MINERA

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO

NIKOLA ORLANDO PACHAS QUIQUIA

PROMOCION 2006-II

LIMA-PERU

2010

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Objetivos	5
1.3. Justificación	6
1.4. Alcances	6
1.5. Limitaciones.....	6
2. DESCRIPCION DEL MOLINO	7
2.1. Descripción del equipo.....	7
2.2. Principio de operación.....	18
2.3. Importancia del equipo.....	19
3. MONTAJE DEL MOLINO	20
3.1. Alcance del proyecto total	20
3.2. Planeamiento del proyecto.....	21
3.2.1. Cronograma.....	21
3.2.2. EDT	22
3.2.3. Presupuesto.....	23
3.2.4. Curva S.....	24
3.2.5. Programación de 3 semanas	25
3.2.6. Informe semanal	25
3.2.7. Organigrama.....	27
3.3. Proceso del montaje mecánico	30
3.3.1. Herramientas mecánicas básicas	30
3.3.2. Secuencia de montaje.....	31
3.3.3. Trazado	32
3.3.4. Humectación y limpieza	33
3.3.5. Montaje de chumaceras principales	33
3.3.6. Montaje de cilindro y tapas.....	37
3.3.7. Montaje de forros	39

3.3.8.	Montaje del eje piñón	39
3.3.9.	Montaje del motor y reductor	40
3.3.10.	Lubricación.....	40
3.3.11.	Montaje del tablero eléctrico.....	42
3.3.12.	Montaje de elementos de seguridad.....	42
3.4.	Procedimientos.....	43
3.4.1.	Maniobras	44
3.4.2.	Ajuste de pernos	45
3.4.3.	Nivelación y alineamiento.....	45
3.5.	Plan de seguridad.....	61
3.5.1.	Responsabilidades	61
3.5.2.	IPER.....	63
3.5.3.	PETS.....	63
3.5.4.	Charla de 5 minutos	63
3.5.5.	PETAR.....	64
4.	PUESTA EN MARCHA DEL MOLINO	65
4.1.	Prueba en vacío	65
4.2.	Prueba con carga.....	66
4.3.	Control de temperatura	67
4.4.	Control de parámetros eléctricos	69
4.5.	Control de parámetros mecánicos	69
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	BIBLIOGRAFIA	73
	ANEXOS	74

PROLOGO

El presente informe resume, el proyecto de montaje de un molino de bolas, en una planta concentradora de una compañía minera peruana. Este informe, se encuentra orientado, específicamente, a la parte mecánica del proyecto.

De manera global, este informe cubre tres temas principales, el tema de planeamiento, el tema técnico y el tema de seguridad y medio ambiente.

En el primer capítulo se indica el objetivo que se pretende lograr con la elaboración de este informe, asimismo se indican el alcance del trabajo.

En el segundo capítulo se describe al molino, indicando sus componentes, su principio de funcionamiento y la importancia del mismo, dentro del proceso productivo de la planta concentradora de minerales.

En el tercer capítulo se detallan las herramientas necesarias para el control del proyecto de montaje del molino. Con dichas herramientas se logra controlar el alcance, el tiempo y los recursos.

En el cuarto capítulo se refiere a la puesta en marcha del molino y para ello señala los pasos a seguir, desde el arranque en vacío, hasta el control de parámetros durante los primeros días de funcionamiento, a fin de, asegurar un control de calidad del trabajo realizado.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La empresa contratista, encargada de realizar el proyecto, ya ha realizado montajes de diversos equipos mineros y ha generado una serie de documentos e informes al respecto, pero los tiene de forma desorganizada. Por ello, existe la necesidad de hacer un informe, hecho para un equipo específico, que agrupe todos los documentos, procedimientos y pruebas para realizar el montaje de una manera estandarizada.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

- Proporcionar una guía para el montaje de molinos de bolas para la minería.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Especificar los documentos de control y seguimiento de proyectos para el montaje de molinos.
- Especificar los documentos necesarios para el control de la seguridad y el medio ambiente, indispensables, en un montaje en plantas concentradoras mineras.

- Presentar los procedimientos y pruebas para el montaje mecánico de un molino.

1.3. Justificación

Con el informe se busca organizar la documentación necesaria para realizar un proyecto de montaje de un molino. Con este informe se facilita el trabajo de seguimiento y control del proyecto para el ingeniero residente, se reducen costos y se estandariza el proceso de montaje. Permitiendo que todos los proyectos, realizados con la ayuda de este informe, cuenten con los mismos procedimientos y entregables, de manera que, se desarrollen con el mismo estándar de calidad.

1.4. Alcances

Este informe de suficiencia abarcara el proceso de montaje mecánico del molino, a partir de, la entrega del equipo a pie de obra, por parte de la compañía minera, hasta la puesta en marcha del equipo, por parte de la empresa contratista.

1.5. Limitaciones

El informe no incluye las obras civiles, ni las obras eléctricas, ni de instrumentación.

CAPÍTULO II

2. DESCRIPCIÓN DEL MOLINO

2.1. Descripción del equipo

El molino de bolas 8' x 10' de fabricación peruana, consta de las siguientes partes principales:

- *Sole plate:*

Son planchas de acero, sobre las cuales se sientan las chumaceras, sirven como superficies lisas y resistentes, que permiten una mejor nivelación del equipo. Estas planchas tienen agujeros en sus extremos para unirse a los pernos de anclaje de la base de concreto y además tiene otros agujeros para unirse a las chumaceras del molino, generalmente poseen en ambos extremos uno o dos tornillos de potencia que permiten mover la chumaceras del molino, con el fin de, facilitar el alineamiento del equipo.

- *Pernos de anclaje*

Son los elementos mecánicos que sujeta el molino a su cimentación. En el cimiento se dejan tubos embebidos con cajuelas en la parte inferior de los mismos, el perno de anclaje (que realmente es un esparrago) se aloja dentro del tubo y se le coloca una tuerca en su extremo inferior a través de

la cajuela, por el otro lado del esparrago se coloca el sole plate y finalmente la tuerca.

Para este molino se utilizan cuatro (04) pernos de anclaje de una medida de $\varnothing 1-1/2"$ x 1140mm de acero AISI 4340 (VCN) para sujetar las dos chumaceras principales.

- *Chumaceras:*

Son los soportes del molino, sobre ellos descansan los muñones (Trunnion) de las tapas laterales. Dentro de la chumacera se encuentra el casquillo. Están hechos por fundición. En su interior se almacena el aceite de lubricación del muñón, este aceite es vertido continuamente sobre el muñón gracias a unas copas que giran junto con el molino y realizan la tarea de lubricar continuamente.

En ambos extremos de la chumacera se colocan retenes de anillo, los cuales no permite fugas de lubricante. Los retenes tiene un resorte en su interior que hace que se mantenga la presión de sellado.

- *Casquillo:*

Es el elemento que permite el giro del molino. Esta hecho en base de una carcasa de acero que se sienta sobre la chumacera e interiormente posee una cubierta de material antifricción (babbit). Los muñones giran sobre el babbit.

En la parte inferior del casquillo existe un pin que sirve para alinear el casquillo con la chumacera.

- *Tapas*

Son los elementos en forma de disco de acero que se encuentran empernados en cada extremo del cilindro. En el centro tienen un agujero, en ese agujero se posiciona el muñón.

La tapa tiene tres tipos de agujero, los primeros son para unirse con el muñón, los segundos son para sujetar los forros a la tapa y los terceros son para unirse con el cilindro.

Por lo general el fabricante coloca las dimensiones del molino en la tapa así como el logo de la empresa y su año de fabricación

- *Muñón*

Es un elemento de acero, cilíndrico. Todo el molino se soporta en estos elementos y el giro se realiza sobre su superficie exterior, la cual esta maquinada (pulida). Posee agujeros que le permiten unirse a la tapa del molino.

Existe dos clases de muñones, el primero es el muñón de carga y el segundo es el muñón de descarga. En el interior del muñón se colocan los forros (liner)

Para diferenciar el muñón de carga del de descarga, se observa que el ancho sus pistas de contacto tienen diferente medida, esto se debe a que, la chumacera del lado de descarga resiste la carga axial del molino. Es por ello que el ancho de la pista de contacto del muñón y de la chumacera de descarga coincide. Mientras que el ancho de la pista de contacto del muñón de carga es mayor en 12 mm que el ancho de pista de la chumacera de carga, con esta holgura se logra absorber cualquier desplazamiento axial

producto de un diferencial de temperatura, un esfuerzo concentrado o alguna situación particular del molino.

- *Cilindro*

Es el elemento cilíndrico metálico que en sus extremos tiene bridas, en el área cilíndrica están distribuidos los agujeros de los pernos que sujetan a los forros. Así mismo existen dos aberturas de mayor dimensión llamadas “manhole”, que están en lados opuestos del cuerpo del cilindro, que sirven para realizar inspecciones al interior del molino.

El cilindro es de construcción robusta ya que debe soportar la carga de bolas y mineral, las superficies que encajan con las tapas son maquinadas con precisión para evitar fugas de carga durante su funcionamiento.

- *Forros del cilindro y tapa*

Son elementos de acero que se unen al cilindro y tapa mediante pernos. Son de sacrificio cuya función es proteger del desgaste al cilindro y a las tapas. Están hechos de materiales resistentes al impacto y la abrasión (acero al manganeso). Y tiene una geometría particular que propicia una mejor molienda del material.

Los pernos que se utilizan son especiales. La cabeza está expuesta a la carga, es por ello que tiene un diseño especial, es ovalada de tal manera que se esconde en el forro, impide la fuga de carga y no se gira mientras se ajusta la tuerca exterior. Adicionalmente por el lado exterior se coloca una arandela metálica especial, que presiona a un anillo de jebe y que también impide cualquier fuga de carga, finalmente se coloca la tuerca.

Entre el cilindro y los forros se utiliza una cubierta de jebe que protege al molino. Este jebe esta adherido al cilindro y tapas con un pegamento especial.

- *Forro de muñón (Trunnion liner)*

Son elementos de acero que van en el interior de los muñones, existen dos tipos, el de carga y el de descarga.

El forro de muñón de carga tiene forma cónica cuyo diámetro va creciendo en el sentido de la entrada de la carga, de tal manera que no permite el retorno de la misma, así mismo en su superficie interior, posee una hélice cuya espiral también atrae la carga hacia el interior del cilindro.

El forro de muñón de descarga tiene forma cónica cuyo diámetro va creciendo en el sentido de la salida de la carga, de tal manera que permite la salida de esta fuera del cilindro, así mismo en su superficie interior, posee una hélice cuya espiral que no permite que elementos no molidos o las bolas de acero salgan del cilindro.

Ambos están fabricados de acero resistente a la abrasión

- *Bolas*

Son bolas de acero encargadas de moler la carga dentro del cilindro. Se fabrican a partir de barras de acero de alto carbono y baja aleación, por medio de un proceso de calentamiento, forjado y tratamiento térmico, para alcanzar la máxima durabilidad.

- *Eje piñón*

El piñón está fabricado junto con el eje formando una sola unidad, en ambos extremos del eje se ha maquinado un canal chavetero para dar la posibilidad de voltear el piñón para que este trabaje por ambas caras de sus dientes.

En ambos lados del piñón se han montado chumaceras partidas completas con todos sus accesorios (rodamientos de rodillos a rotula, manguitos de fijación, tuercas de fijación, arandela, espaciadores, sellos de laberinto, etc.) Las chumaceras están empernadas a una base común.

En este caso se trata de un piñón helicoidal de 23 dientes.

- *Catalina*

La catalina es un engranaje que trabaja en conjunto con el eje piñón, se ubica alrededor del cilindro del molino y se une a este mediante pernos. Debido a las dimensiones de los molinos, se suelen fabricarla en dos mitades, cabe resaltar que por más minucioso trabajo que se realice, nunca se debe intercambiar mitades de catalina, debido a que el maquinado de la catalina se hace con ambas mitades unidas y no por separado y al intercambiar con otro juego de catalinas no se logra el hermanamiento correcto. El fabricante de catalinas coloca marcas en los extremos de las mitades, para que se reconozca la manera en que se deben hermanar.

Para unir las mitades, se utilizan espárragos, que por lo general son cuatro por lado, de los cuales solo dos son centradores. Estos espárragos centradores poseen bocinas centradoras que permiten alinear correctamente la catalina.

En este caso la catalina es helicoidal de 252 dientes.

- *Acoplamiento flexible*

Los acoplamientos utilizados para este servicio son tipo plato con pernos y bocinas de jebe que permiten que las pequeñas desalineaciones no se traduzcan en esfuerzos sobre los ejes o sus chumaceras.

Este tipo de acoplamientos son robustos y de construcción simple.

- *Spout feeder*

Es un elemento metálico cuya forma general se asemeja a un codo. Su sección transversal empieza cuadrada y termina en forma circular justo para coincidir con la entrada del molino. Esta hecho en base a un material resistente a la abrasión.

Su función es trasladar la carga, por su interior, desde un chute aledaño al molino, hasta el forro del muñón de carga. La sección cilíndrica tiene una cabeza cónica, esta no choca directamente con el forro del muñón de cargas, sino que el muñón tiene una brida que sujeta a un jebe, y es este jebe, el que sella la unión entre el molino y el spout feeder

El spout feeder tiene una base metálica, la cual se fija firmemente a la base de concreto. Con la ayuda de unos espárragos, se puede regular la posición tanto en altura como en profundidad.

En la parte inferior posee un agujero que sirve para conectar una línea de agua, que ayuda a que la carga fluya dentro del spout feeder, previniendo atascamientos.

- *Trommel*

Es un elemento metálico de forma cilíndrica cuya superficie esta agujereada y posee una hélice interior. Este elemento se coloca a la salida

del molino girando solidariamente al muñón de descarga. Tiene la función de clasificar la carga, de tal manera que los finos pasa por los agujeros mientras que las partículas, cuyo tamaño excede lo permitido, son evacuadas por la hélice hasta ser expulsarlas por el extremo libre del trommel

- *Reductor*

Es el dispositivo mecánico encargado de cambiar las relaciones de velocidad y torque del motor a fin de girar el molino. En el interior se encuentran los engranajes y otros elementos mecánicos propios de un reductor.

En ambos ejes tiene colocado los acoplamientos que lo enlazan con el resto del sistema de transmisión.

En este caso se trata de un reductor de ejes paralelos de una sola etapa, con radio de reducción de 5.077 a 1

- *Motor eléctrico*

Es el dispositivo electromecánico encargado de proporcionar la potencia mecánica necesaria para hacer girar el molino.

Su diseño está orientado para un funcionamiento continuo dentro de un ambiente de alta polución a más de 4500 m.s.n.m.

En este caso se trata de un motor eléctrico Teco de 400 HP y 1180 rpm, por otro lado, los molinos se denominan por las dimensiones nominales interiores del cuerpo del molino. Es decir que si se nombra un molino 8' x10' estamos hablando de un molino cuyo diámetro nominal interior es de 8 pies y el largo nominal interior es de 10 pies.

Finalmente, otra forma de denominar a los molinos es “izquierdos” o “derechos”. Hay dos medios para identificar al molino:

- a. Por el sentido de giro. Si parado cara al molino, ante el extremo de alimentación, se ve la rotación en el sentido de las agujas del reloj, es un molino “derecho”, si gira en el otro sentido será un molino “izquierdo”.
- b. Por la posición de la transmisión, si vemos el molino de planta y la transmisión está al costado izquierdo del molino, el molino será “izquierdo”, si esta en al otro costado, será derecho.

FIGURA 1

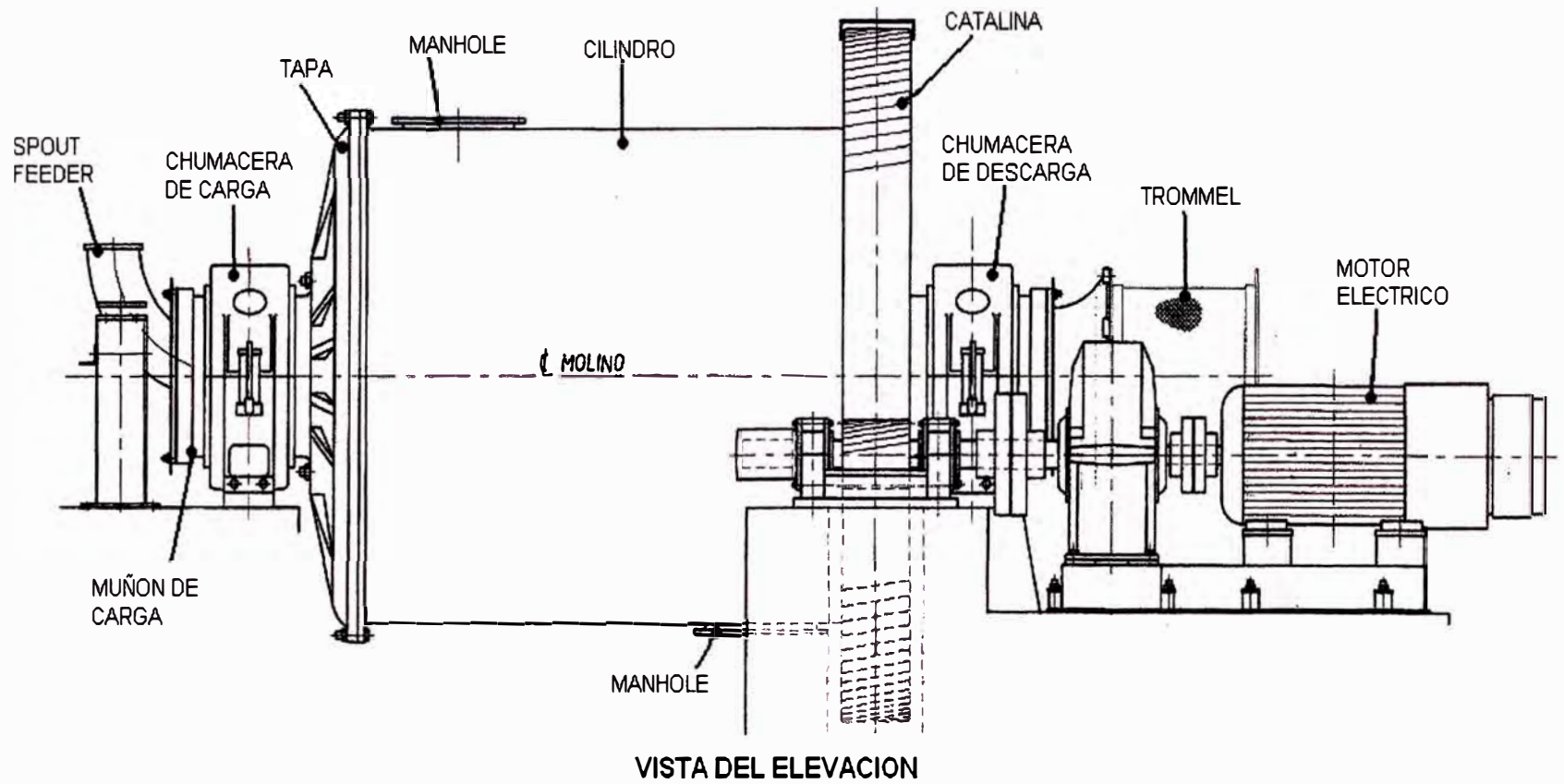
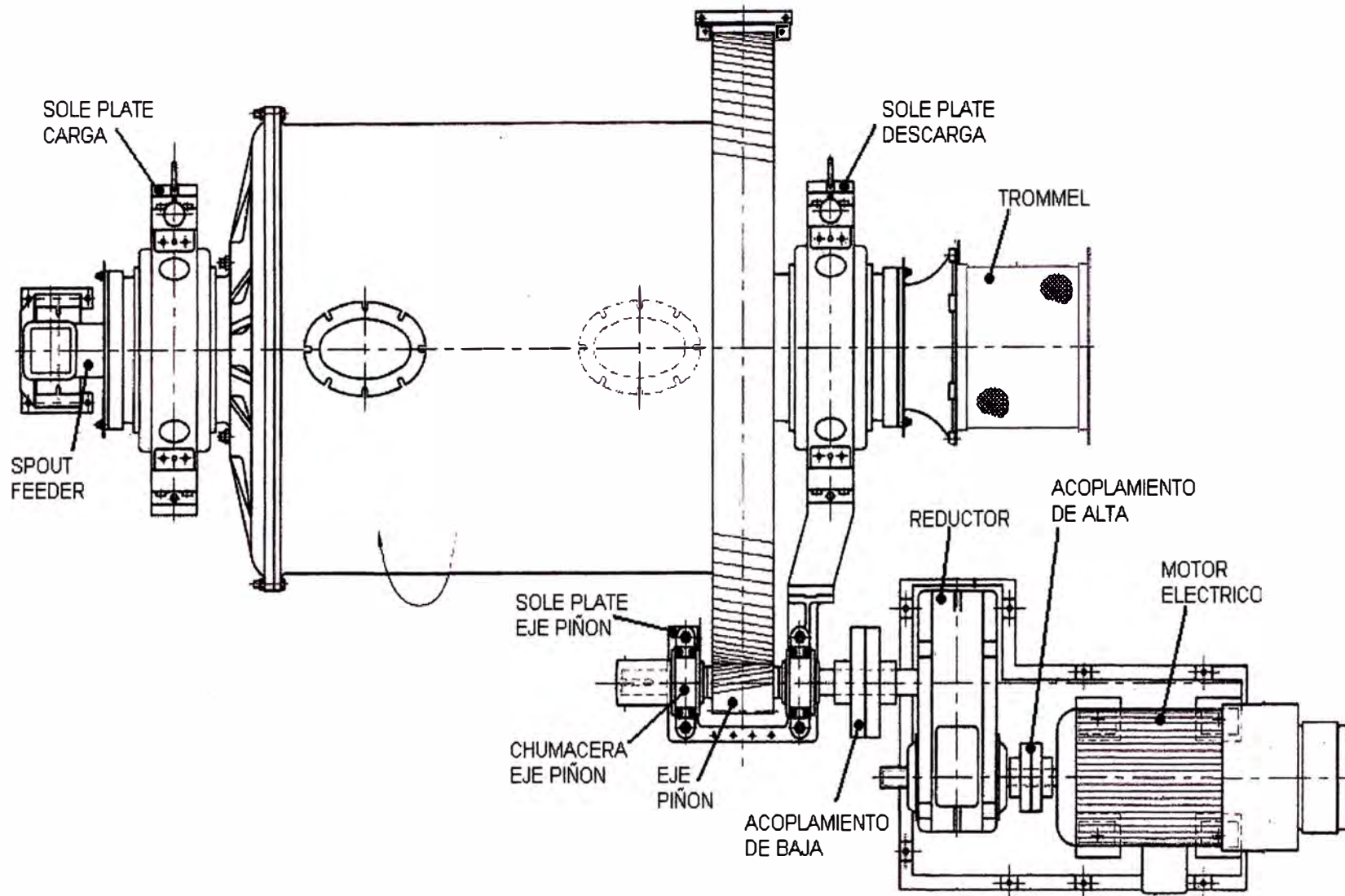


FIGURA 2



VISTA DE PLANTA

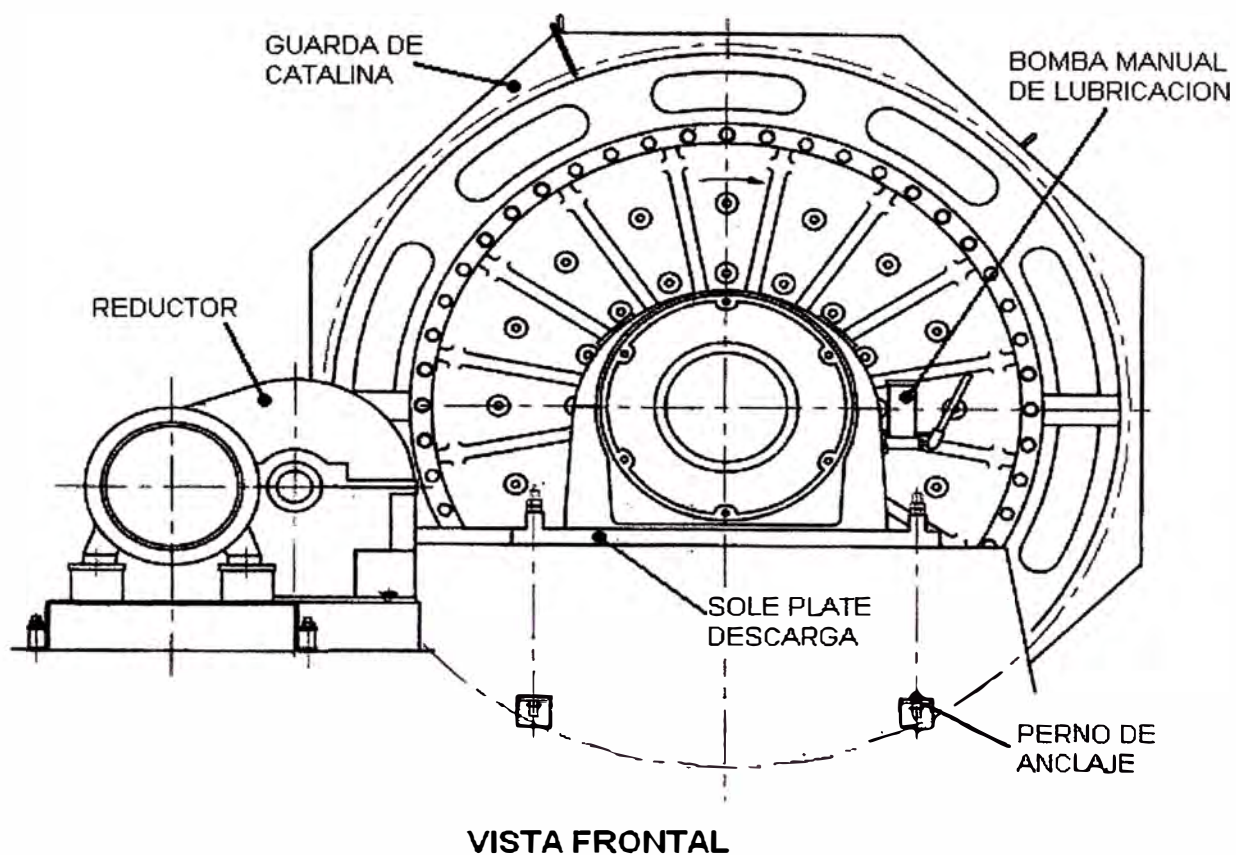


FIGURA 3

2.2. Principio de operación

Los molinos giran continuamente, esto se debe a su sistema de transmisión, compuesto por el motor, el reductor y el sistema piñón-catalina. Dentro del cilindro se encuentra el material (piedra de mineral chancado) junto con las bolas de acero. Cuando comienza a girar el molino, se produce una cascada que va moliendo al material, se observa que mientras más tiempo dure el material dentro del molino, más fino será el producto final.

La descarga se produce por simple rebose por el forro del muñón de descarga que tiene un mayor diámetro que el forro del muñón de carga.

Seguidamente la carga pasa por el trommel y se eliminan los materiales que no se llegaron a moler.

Adicionalmente, para el funcionamiento del molino existe el sistema de lubricación que permite mantener las partes en movimiento libres de desgaste por contacto directo.

2.3. Importancia del equipo

La molienda es la última etapa del proceso de conminución¹, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión ya sea en seco o como una suspensión en agua (pulpa).

El propósito de la operación de molienda es ejercer un control estrecho en el tamaño del producto, por esta razón frecuentemente se dice que una molienda correcta es la clave de una buena recuperación de la especie útil.

Por supuesto, una sub molienda resultará en un producto que es demasiado grueso, con un grado de liberación demasiado bajo para una separación económica, obteniéndose una recuperación y una razón de enriquecimiento bajo en la etapa de concentración. En el otro extremo, una sobré molienda innecesaria, reduce el tamaño de partícula del constituyente mayoritario (generalmente la ganga) y puede reducir el tamaño de partícula del componente minoritario (generalmente el mineral valioso) por debajo del tamaño requerido para la separación más eficiente, lo que ocasionaría pérdida de mucha energía, que es cara, en el proceso. Es importante destacar que la molienda es la operación más intensiva en energía del procesamiento del mineral.

¹ Es un proceso en el cual un material degrada su tamaño con el fin de separar un mineral de otro, o bien alcanzar un tamaño ideal para un proceso industrial

CAPÍTULO III

3. MONTAJE DEL MOLINO

3.1. Alcance del proyecto total

El montaje de un molino está compuesto por 4 disciplinas principales:

- a. La obra civil.
- b. La obra mecánica.
- c. La obra eléctrica.
- d. La instrumentación.

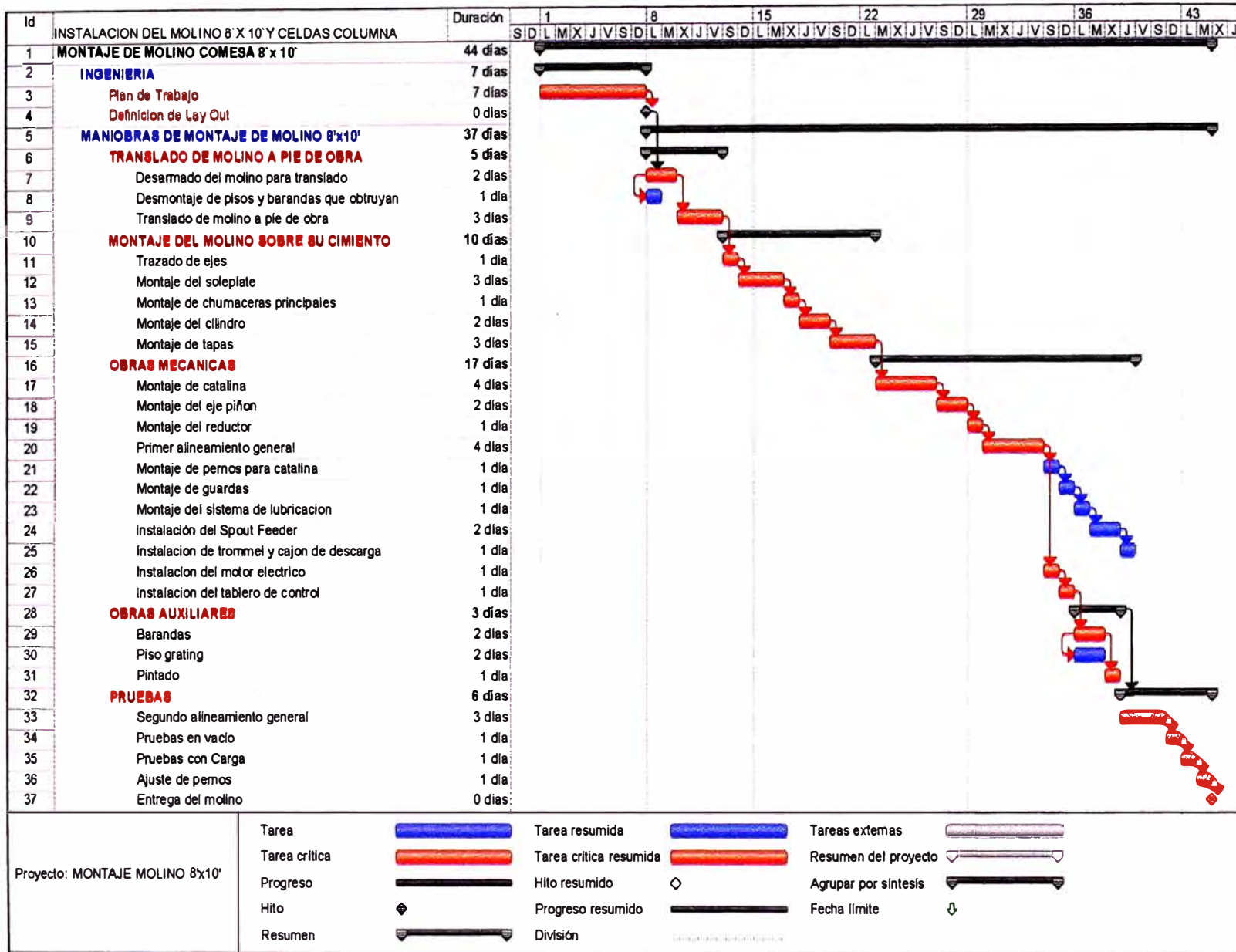
Dentro de la obra civil se incluye el estudio de suelos, el desarrollo de los planos y cálculos de la cimentación, la excavación, la sub zapata, la zapata, los pedestales y el relleno con mortero de cemento (Grout)

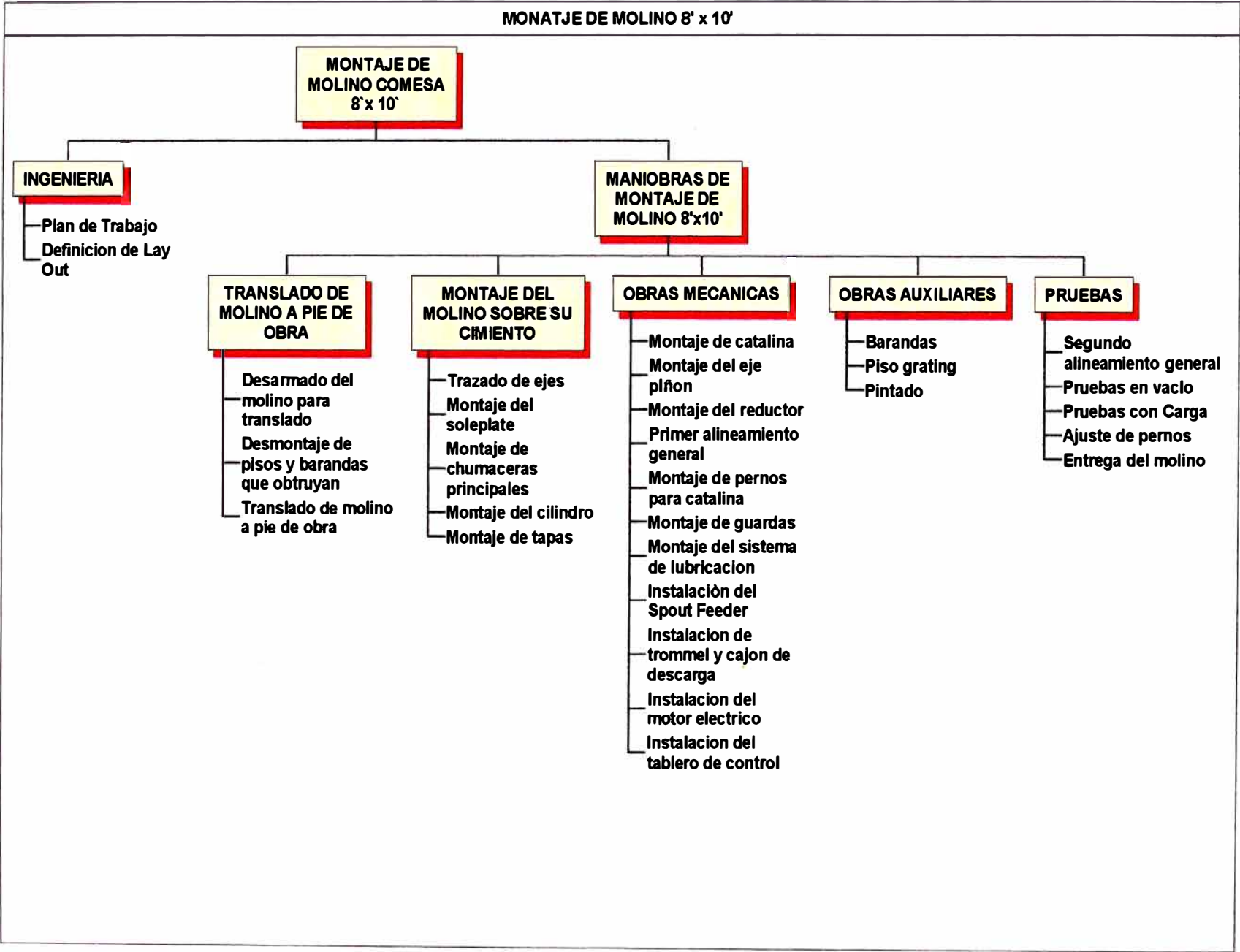
La obra mecánica comprende el desarrollo de planos y cálculos para el montaje, el traslado del molino y sus accesorios desde el punto de entrega hasta su posición final, las pruebas del equipo en vacío y con carga y el acondicionamiento de las estructuras metálicas aledañas al molino.

La obra eléctrica comprende el desarrollo de planos y cálculos para la instalación de los elementos eléctricos (Tablero, cableado de fuerza y cableado de control)

La instrumentación comprende la programación de los sistemas de control molino.

3.2. Planamiento del proyecto
3.2.1. Cronograma





3.2.2. EDT

3.2.3. Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	P. UNIT. US\$	PARCIAL US\$
1	INGENIERIA				
1,1	PLAN DE TRABAJO				
1,1,1	Plan de trabajo	Glb	1,00	4 000,00	4 000,00
1,2	DEFINICION DEL LAYOUT				
1,2,1	Planos layout	Glb	1,00	2 000,00	2 000,00
2	MANIOBRAS DE MONTAJE DE MOLINO 8'x10'				
2,1	TRANSLADO DE MOLINO A PIE DE OBRA,				
2,1,1	Desarmado del molino para traslado	Glb	1,00	2 000,00	2 000,00
2,1,2	Desmontaje de pisos y barandas que obtruyan	Glb	1,00	2 800,00	2 800,00
2,1,3	Traslado de molino a pie de obra	Glb	1,00	2 700,00	2 700,00
2,2	MONTAJE DEL MOLINO SOBRE SU CIMIENTO				
2,2,1	Trazado de ejes	Glb	1,00	1 000,00	1 000,00
2,2,2	Montaje del soleplate	Glb	1,00	5 000,00	5 000,00
2,2,3	Montaje de chumaceras principales	Glb	1,00	3 400,00	3 400,00
2,2,4	Montaje del cilindro	Glb	1,00	17 000,00	17 000,00
2,2,5	Montaje de tapas	Glb	1,00	21 000,00	21 000,00
2,3	OBRAS MECANICAS				
2,3,1	Montaje de catalina	Glb	1,00	5 000,00	5 000,00
2,3,2	Montaje del eje piñon	Glb	1,00	1 000,00	1 000,00
2,3,3	Montaje del reductor	Glb	1,00	2 500,00	2 500,00
2,3,4	Primer alineamiento general	Glb	1,00	10 000,00	10 000,00
2,3,5	Montaje de pernos para catalina	Glb	1,00	500,00	500,00
2,3,6	Montaje de guardas	Glb	1,00	1 500,00	1 500,00
2,3,7	Montaje del sistema de lubricacion	Glb	1,00	1 000,00	1 000,00
2,3,8	Instalación del Spout Feeder	Glb	1,00	1 500,00	1 500,00
2,3,9	Instalacion de trommel y cajon de descarga	Glb	1,00	1 500,00	1 500,00
2,3,10	Instalacion del motor electrico	Glb	1,00	3 000,00	3 000,00
2,3,11	Instalacion del tablero de control	Glb	1,00	2 000,00	2 000,00
2,4	OBRAS AUXILIARES				
2,4,1	Barandas	Glb	1,00	2 000,00	2 000,00
2,4,2	Piso grating	Glb	1,00	1 000,00	1 000,00
2,4,3	Pintado	Glb	1,00	500,00	500,00
2,5	PRUEBAS				
2,5,1	Segundo alineamiento general	Glb	1,00	10 000,00	10 000,00
2,5,2	Pruebas en vacio	Glb	1,00	5 000,00	5 000,00
2,5,3	Pruebas con Carga	Glb	1,00	5 000,00	5 000,00
2,5,4	Ajuste de pernos	Glb	1,00	1 000,00	1 000,00
2,5,5	Entrega del molino	Glb	1,00	1 000,00	1 000,00
				COSTO DIRECTO PRESUPUESTO US\$:	115.900,00
				GASTOS GENERALES + UTILIDADES (25%) US\$:	28.975,00
				COSTO TOTAL SIN IGV US\$:	144.875,00

3.2.5. Programación de 3 semanas

El informe de "Programación de 3 semanas" es un documento se utiliza para realizar la planificación de las tareas específicas, a realizarse, durante un periodo de una semana. Además indica las tareas que se proyectan hacer en las posteriores dos semanas. Este documento se elabora cada fin de semana por el ingeniero residente de obra.

La utilidad de este documento es que ayuda a planificar los trabajos, previendo que cantidad de personal, materiales y equipos serán necesarios para realizar los trabajos de las próximas semanas.

3.2.6. Informe semanal

Cada fin de semana se entrega un informe, el cual indica todos los acontecimientos ocurridos durante la semana pasada. Este documento servirá como sustento para la ampliación de tiempo, costos o alcances del proyecto, en caso de ser necesario.

Este informe debe incluir:

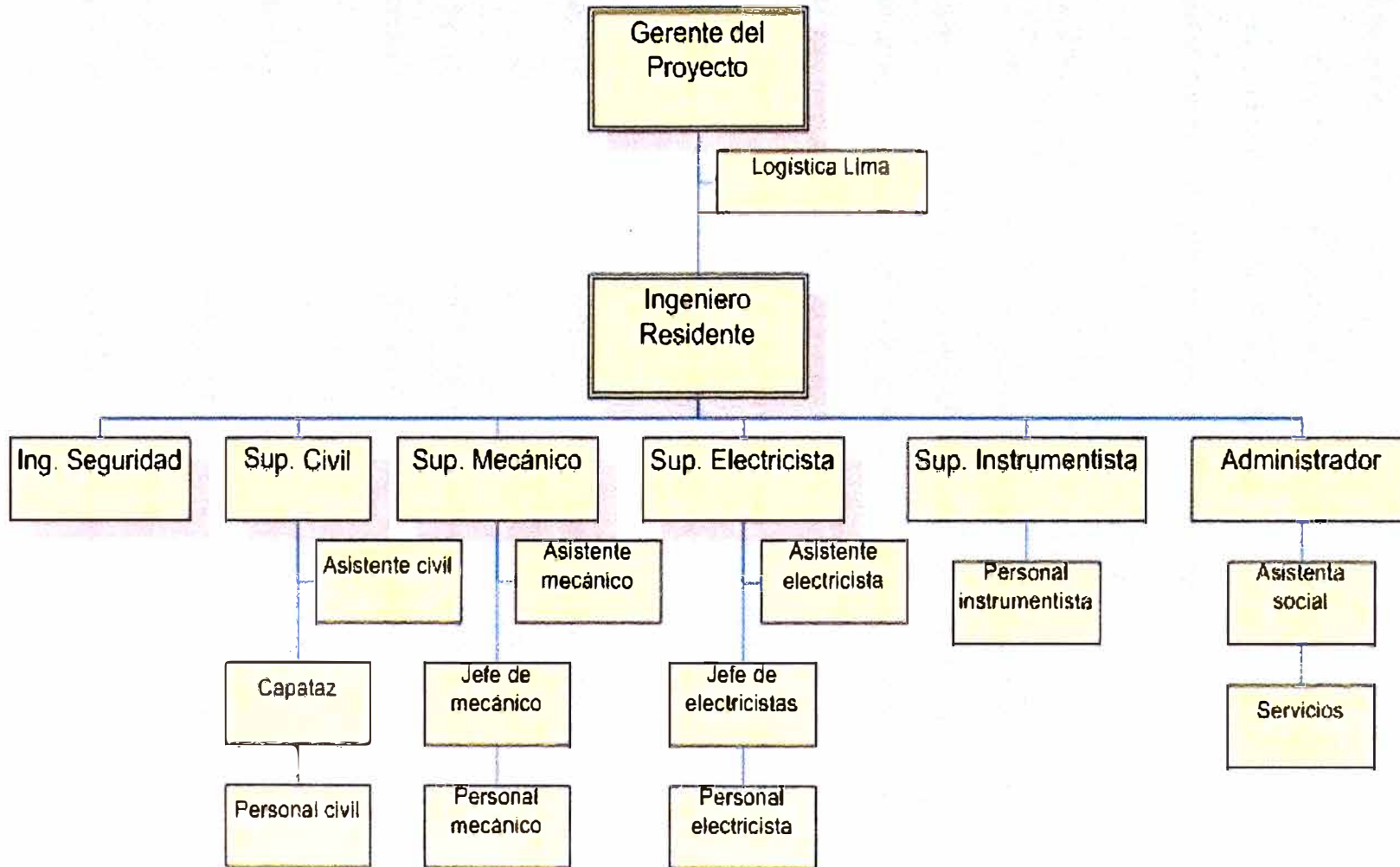
- a. Introducción
- b. Comportamiento del clima
- c. Seguridad y medio ambiente
- d. Calidad
- e. Planeamiento y control del proyecto
- f. Ingeniería
- g. Logística
- h. Construcción
- i. Riesgos del proyecto

j. Comentarios y conclusiones

k. Fotos de la obra

l. Anexos

3.2.7. Organigrama



- **Gerente de Proyectos:**

Es el encargado de gerenciar las obras de la empresa en diversas unidades mineras.

Él gestiona la parte económica del proyecto desde Lima y aprueba los suministros para la obra. Coordina con el ingeniero residente y hace seguimiento de los plazos y costos del proyecto

- **Ingeniero Residente:**

Responsable final de la obra. Supervisa el avance y los costos, emite informes al cliente y a su propia empresa del estado de la obra. Delega funciones y tareas según su criterio y experiencia dentro del equipo que maneja, asegura la calidad y seguridad.

Firma documentos, a nombre de la empresa contratista, frente al cliente.

- **Supervisor de Civil, Mecánico, Eléctrico y de Instrumentación**

Maneja y supervisa el proceso de su área durante la obra. Distribuye a su personal en función de las metas y plazos. Resuelve cualquier inconveniente suscitado dentro de su campo técnico.

- **Ingeniero de seguridad**

Encargado de supervisar y corregir las actividades propias de los involucrados en la obra, a fin de que, su trabajo este dentro de los estándares seguridad del proyecto.

3.3. Proceso del montaje mecánico

3.3.1. Herramientas mecánicas básicas

HERRAMIENTA	CAPACIDAD	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
Torquímetro	Lb-pie	x	Certificado de calibración
Pistola neumática	Lb-pie / PSI	x	Certificado de calibración
Juego de dados	x	3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16", 3/4", 13/16", 7/8", 15/16", 1", 1-1/16", 1-1/8", 1- 1/2", 1-3/4, 2", 2-1/2"	x
Juego de llaves mixtas	x	3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16", 3/4", 13/16", 7/8", 15/16", 1", 1-1/16", 1-1/8"	x
Lainas de acero inoxidable	x		x
Gata hidráulica	50 Ton	x	x
Tecle de cadena	10 Ton, 5 Ton, 2 Ton, 1 Ton	x	Ganchos con seguro
Tirfor	5 Ton, 3 Ton	x	x
Estrobos	x	Ø1", Ø 3/4", Ø1/2"	x
Eslinga	9000 Lb	8'	x
Cable de acero Ø 5/8"	x	Ø 5/8"	x
Gauge	x		x
Reloj comprador con base magnética		x	Certificado de calibración
Nivel de precisión		x	Certificado de calibración
Estación total		x	Certificado de calibración

3.3.2. Secuencia de montaje

1. Inspeccionar la cimentación y tomar medidas de niveles y distancias.
2. Localizar los puntos de referencia para el montaje y trazar ejes en el cimiento.
3. Instalar los sole plates, de las chumaceras principales.
4. Colocar el grout en los sole plate de las chumaceras principales.
5. Instalar el sole plate del eje piñón.
6. Instalar las chumaceras principales con sus casquillos y sus cojinetes.
7. Ensamblar el cilindro con las tapas.
8. Instalar el cilindro con las tapas sobre las chumaceras principales.
9. Comprobar la luz entre el cojinete y el muñón.
10. Ensamblar las dos chumaceras principales.
11. Instalar el sistema de lubricación manual.
12. Instalar la catalina.
13. Revisar el alineamiento radial de la catalina.
14. Revisar el alineamiento axial de la catalina.
15. Alinear la catalina
16. Instalar la guarda inferior de la catalina y piñón.
17. Ensamblar el eje piñón con sus chumaceras
18. Verificar la holgura (backlash) y el contacto entre el piñón y la catalina. También chequear el patrón de contacto.
19. Instalar el conjunto de impulsión (reductor, motor, etc.) SIN GROUT. Echar el mortero de nivelación (grout) solamente después del visto bueno de la inspección.

20. Colocar el mortero de nivelación (grout) bajo la placa base (soleplate) del eje piñón.
21. Instalar el forro de muñones (trunnion liner).
22. Instalar los forros.
23. Instalar la ventana de ingreso para inspección (manhole).
24. Completar la instalación del sistema de lubricación.
25. Instalar la guarda y el sistema de lubricación de la catalina.
26. Arrancar el sistema de lubricación de la catalina.
27. Instalar el clasificador helicoidal (trommel).
28. Instalar el ducto de alimentación (spout feeder).
29. Completar las conexiones eléctricas del motor del molino.
30. Completar las tuberías de proceso.
31. Inspeccionar el interior del molino y los alrededores, no olvidar objetos tales como llaves, pernos, etc.
32. Lubricar todos los puntos que así lo requieran.
33. Verificar todos los dispositivos de seguridad del molino (controles de temperatura, controles de carga eléctrica, etc.)

3.3.3. Trazado

Se localiza y marca en los pedestales las líneas de eje tanto del molino como del contraeje. Con ayuda de las medidas de los planos respectivos, determinar también las alturas a la que se deben nivelar las placas de apoyo del molino y del contraeje. Las marcas deberán ser colocadas donde no sean borradas o cubiertas durante el trabajo subsecuente.

Las superficies de apoyo en los pedestales deben ser desconchadas con ayuda de un martillo y cincel o también con una piqueta, con la finalidad de proporcionar a las placas de apoyo un asiento plano, horizontal y lo más cerca posible a la altura necesaria.

Los tubos de los pernos de anclaje deben ser obturados con trapos, papel o hilachas de impedir que se llenen de cemento o con el mortero que se usara después.

3.3.4. Humectación y limpieza

Las superficies deben ser saturadas de agua para impedir que absorban el agua del mortero y para asegurar así una buena adhesión entre el concreto y el mortero. Si las bases tienen menos de 22 días de vaciadas, deberán ser mantenidas mojadas por lo menos desde 12 horas antes de aplicar el mortero. Pero si tienen más tiempo, el proceso de saturación tiene que durar no menos de 24 horas.

Toda mancha de aceite o grasa en los pedestales debe ser tratada con soda caustica, un agente neutralizante o picada a suficiente profundidad para que no haya contacto entre la grasa y el mortero. Esto es de máxima importancia, desde que no se puede obtener la menor adhesión entre el enlucido y el concreto de la base si hay de por medio grasa o aceite.

3.3.5. Montaje de chumaceras principales

Para lograr el anclaje seguro de los molino de bolas se debe emplear platinas asentadas en los pedestales de concreto para hacer más firme el contacto entre estas y las placas de apoyo.

Estas platinas deben ser asentadas sobre la superficie de los pedestales picados para corregir eventuales desniveles, con una delgada capa de mortero de cemento fuerte intermedia, si es necesario, para alineamiento y soporte adecuado. Sobre ellas se colocara más tarde, otras planchas, laines que den a cada punto de apoyo la altura adecuada.

Las platinas deben situarse cerca de los pernos de anclaje, en el centro y en suficiente número de lugares, como para que, la distancia entre una y otra no exceda de 300 mm (No usar cuñas) Se debe usar la menor cantidad de laines posibles sobre cada platina y ninguna debe tener menos de 0.1mm. Se debe emplear un nivel de burbuja con una precisión de 0.1mm/m.

Es inevitable un ligero asentamiento del mortero de relleno, A fin de asegurarse contra los efectos de esto, se recomienda que la sobre bases sean niveladas con corona (flecha) de manera que la parte central quede algo más alta que los extremos. Esto se consigue usando laines algo más altas en el centro que en los extremos y ajustando los pernos de anclaje en los extremos.

La corona debe tener entre 0.16 y 0.20 mm/m de la placa de apoyo dividido entre 2.

Las platinas deben ser cortadas de un material laminado en frio del espesor adecuado a cada caso, entre 9.5 y 25 mm y de un ancho que varía entre 100 y 150 mm. En largos que en ningún caso serán menores que el ancho de la placa de apoyo. Después del corte, las platinas deben ser desbarbadas y verificada su superficie superior con un borde recto para asegurarse de que sea plana. Toda aspereza de la

cara superior debe ser limada de modo que la superficie que ofrezcan las platinas a la palca de apoyo sea perfectamente lisa.

Si el picado de las caras superiores se ha hecho cuidadosamente, las placas de apoyo descansaran en su posición con una buena área de apoyo y apenas necesitaran mortero para nivelarlas.

El mortero se deja fraguar por una o dos horas y se vuelve a verificar que las platinas de apoyo entren dentro de la tolerancia de horizontalidad, Si no fuera así, se debe hacer las correcciones necesarias. Si todo está bien, se debe dejar curar el mortero por el término de una semana, salvo que se haya usado un acelerante de fragua. Comprobar otra vez la horizontalidad al cabo de ese tiempo.

Colocar las placas de apoyo sobre las platinas y lainar con más platinas hasta alcanzar la altura prevista para el molino. Todas las lainas deben estar apretadas y mantener un contacto superficial completo con la cara mecanizada de la placa de apoyo. Empernar la placa de apoyo a la base contra las lainas y nivelar la superficie de la placa de apoyo en ambas direcciones como sigue:

Toda tolerancia al tomar el nivel en el sentido longitudinal de placas de apoyo, debe indicar un mayor nivel al centro que en los extremos, Por ninguna circunstancia se puede aceptar la condición contraria.

La tolerancia aceptable en el nivel longitudinal de la placa de apoyo es de 0.17mm/m.

La tolerancia aceptable en el nivel transversal de la placa de apoyo es de 0.17mm/m.

Después de asegurarse que las placas de apoyo principales estén correctamente instaladas y niveladas, instalar a continuación los cuerpos de las chumaceras principales.

Seguidamente se debe instalar el casquillo antifricción y el molino. Después de instalar estas partes se deberá comprobar la horizontalidad de las placas de apoyo de las chumaceras principales, como se indico antes, Esta operación debe repetirse antes de rellenar los pedestales con mortero para el enlucido final.

Limpiar la parte superior de la placa de apoyo teniendo cuidado de eliminar toda aspereza y toda partícula de mugre. Untar la cara superior de la misma con lubricante antes de colocar el cuerpo de la chumacera.

Colocar el cuerpo de la chumacera en posición, más o menos al medio de la placa de apoyo, después limpiar y alisar cualquier aspereza del fondo. Alinearlo. Aplicar una capa delgada de grasa pesada en el alojamiento del casquillo antes de poner este en posición.

Se debe verificar la distancia entre los centros de las chumaceras, comparándola con la indicada en los planos. Tomar la medida real del casco del molino y de los cabezales comprobando la distancia entre centros de chumaceras. Si es necesario, tomar ahora las medidas correctivas, desplazando la chumacera del lado opuesto a la transmisión, que es la que lleva los huelgos y las luces que permiten la expansión y contracción del casco del molino. Si ya estuviera instalado el contraeje y fuera necesario realinear el molino, debe tenerse presente que no conviene mover la chumacera del lado de la transmisión, que es la de fijación axial, porque está alineada con los

componentes de la transmisión. Si se hiciera correcciones en el extremo de la transmisión, habría necesidad de realinear los componentes de esta también.

Después de alinear las chumaceras, el casco del molino será colocado en su lugar sobre ellas.

Las chumaceras se trasladan desde el punto de despacho (a 40 metros de la ubicación final del molino).

Para trasladar la pieza dentro de la planta concentradora se fabricara un trineo sobre el cual se sujeta firmemente la chumacera. Para movilizarlo se lo jalara con dos tirsors.

Una vez que se logro poner la chumacera en el piso contiguo al molino, se utiliza el puente grúa de la zona de molienda, para posicionarlo sobre el pedestal correspondiente.

3.3.6. Montaje de cilindro y tapas

Por razones del área de trabajo es imposible utilizar una grúa, por ello se separaran las tapas y el cilindro.

El cilindro es uno de los elementos más pesados del molino, es por ello que se utilizara un trineo, para poder movilizarlo si golpearlo. Una vez posicionado entre los pedestales se comenzara la maniobra de elevación del cilindro por medio de gatas y durmientes de madera. El proceso consiste en levantar el cilindro con la gata e ir colocando un castillo de durmiente baja el cilindro hasta llegar a la altura deseada.

Seguidamente se colocaran las tapas. Las tapas se unen al cilindro mediante espárragos de $\varnothing 1-1/2''$

Para ensamblar las tapas se debe tener en cuenta que existen 04 agujeros en la tapa y en la brida del cilindro, que están separados entre si a 90° y sirven como guías, en ellos se deben utilizar los espárragos alineadores. Así mismo existen marcas en la tapa y en el cilindro, hechas por el fabricante, que deben coincidir para mantener el armado inicial.

Seguidamente se instalaran los muñones de carga y descarga. De igual manera, se deben hacer coincidir las marcas, hechas por el fabricante, para que coincidan la tapa y el muñón. Los espárragos son de $\text{Ø}1\text{-}3/4$ "

Una vez armado el cilindro, las dos tapas y los dos muñones, se procede a bajar el molino hasta que se siente sobre las chumaceras

Para no dañar el babbit de los casquillos, se los coloca contra los muñones, para que sean los asientos de los casquillos los que soporten el primer contacto. Usando cáncamos atornillados a los casquillos, se les ata fuertemente a sus respectivos muñones y se logra así que esa superficie este protegida. Sin embargo, es muy importante que al colocar el molino en su sitio, el agujero que hay en la parte inferior del casquillo coincida con el poste que hay en la parte central de su alojamiento en cada chumacera.

Justo antes de colocar los muñones sobre las chumaceras, se debe hacer una limpieza total, tanto de los muñones, como de los casquillos y sus asientos.

Las cubiertas de las chumaceras deben ser colocadas inmediatamente en su lugar para impedir que se precipite suciedad

sobre los muñones. Deben ser empernadas, pero sin ajustar los pernos por el momento.

3.3.7. Montaje de forros

Se empernan los forros en el cilindro dejando un espacio de 6 a 12 mm entre forros adyacentes y de 12 a 25 mm entre los forros del cilindro y los diafragmas, los cabezales divisores o los forros de los cabezales. Se debe emplear aberturas cerca al máximo de los rangos para los forros de fundición de acero al manganeso, por la característica inherente del acero al manganeso de fluir.

Todas las piezas de desgaste pasan por la boca de descarga, que es suficientemente amplia. Los forros del cilindro y de los cabezales son suministrados con pernos especiales de cabeza ovalada, arandelas de fundición hermetizadas con un anillo de jebes y sus respectivas tuercas.

Los pernos deberán ser ajustados firmemente hasta 120 kg-m, las cabezas de los pernos deberán ser introducidas en su lugar con golpes de martillo antes del ajuste.

3.3.8. Montaje del eje piñón

Se colocara la base común sobre las platinas ya niveladas en el pedestal. Se colocaran los pernos de anclaje y se ajustaran moderadamente. Seguidamente se colocaran las chumaceras.

Paralelamente se armará el eje piñón y los rodamientos, para fijarlos se utilizaran los manguitos, las tuercas de fijación y las arandelas de retención.

3.3.9. Montaje del motor y reductor

El reductor y el motor se instalan sobre una base metálica común, esta base es provista, junto con el molino, por el fabricante. La base metálica se une al cimiento a través de los pernos de anclaje.

El reductor es un sistema mecánico que se monta en su posición con ayuda de un puente grúa.

Los acoplamientos se instalan tanto en el eje rápido como en el eje lento, en el eje piñón y en el motor eléctrico. Para su montaje se utiliza el método de la dilatación, se calienta el acoplamiento con un soplete hasta que el agujero interior se dilate y aumente su diámetro interior, para luego colocarlo sobre el eje. Se puede identificar rápidamente al eje lento, debido a que, este siempre es de mayor diámetro que el eje rápido.

Seguidamente el motor es colocado en su posición y se verifica preliminarmente que los niveles coincidan.

Se presentan todos los pernos que unen la base con el reductor y el motor y se los ajusta moderadamente.

3.3.10. Lubricación

Las chumaceras principales de carga y descarga del molino, tiene un sistema de auto lubricación, dentro del cuerpo de las chumaceras se almacena el lubricante, y este es elevado a la parte superior del muñón por medio de tres cucharas que giran solidarias al muñón, esta descargan constantemente el lubricante sobre la bandeja deflectora, la cual distribuye uniformemente el lubricante sobre las superficies deslizantes. Las cucharas están distribuidas sobre el

contorno del muñón, igualmente espaciadas a 120° . Por otra lado, en ambos extremos de la chumacera, se colocan retenes, estos se cortan de acuerdo a la longitud deseada, se ponen en su lugar y se marcan la longitud correcta, teniendo cuidado de no estirarlos mucho. Se debe cortar el sello a un ángulo de 45° en la dirección de la rotación. Colocar el corte del sello en la parte superior, luego se pone el resorte en la hendidura del sello. No estirar ni cortar el resorte cuando se equipa a su longitud apropiada. A continuación Aplicar una capa de la grasa en el lugar donde se montara el sello. También engrasar el área por debajo del sello mismo. Finalmente colocar el anillo de fijación del reten sujetándolo con sus pernos.

Este sistema descrito lubrica al muñón durante todo el tiempo que el molino este rotando. Pero para el momento en que arranca el molino, es necesario utilizar el sistema de lubricación manual. Este consta de dos bombas hidráulicas manuales, una para cada chumacera, las cuales tienen su propio reservorio de lubricante y por medio de la fuerza que se aplica a la palanca manual que poseen, se inyecta el lubricante a alta presión justo en la parte inferior del área de contacto entre el muñón y el casquillo. Gracias a esta lubricación, el molino puede arrancar sin dañar al casquillo.

Después de instalado el molino, debe existir un huelgo entre los extremos del casquillo y la superficie pulida del muñón, que permitirá que el lubricante sea arrastrado hasta la parte inferior del muñón.

En el caso del conjunto eje piñón, las chumaceras alojan rodamientos de rodillos a rotula, los cuales son lubricados con grasa.

Se debe tener cuidado de no exceder la cantidad de grase necesaria, ya que el exceso produce que se eleve la temperatura.

La lubricación de la catalina y del piñón de este molino se hace por aceite. Para este fin está provisto con una cubierta de catalina cerrada, que tiene un depósito de aceite en la parte inferior, en el que está parcialmente sumergido un piñón lubricador, que engrana con la catalina, aceitándola continuamente. La cubierta tiene en ambos lados unos sellos hechos a base de fieltro el cual se mantiene en su posición por medio de un anillo fijador.

3.3.11. Montaje del tablero eléctrico.

El tablero electro se instalara cercano al molino para facilitar el trabajo de monitoreo del equipo. Dentro del tablero eléctrico tenemos la llave principal, los relojes indicadores de parámetros eléctricos y el arrancador del molino. En este molino se utilizará un arrancador tipo “soft starter” o de arranque suave. Junto con el tablero, también se debe instalar el cableado de potencia y control.

3.3.12. Montaje de elementos de seguridad

Como medida de seguridad y en conformidad a las regulaciones locales o nacionales de seguridad, las guardas deben ser utilizados para proteger a los operadores y al mecánico contra contactos con las piezas móviles. Sin embargo, estos protectores deben ser diseñados para proporcionar un fácil acceso para las maniobras de reparación y mantenimiento, ya que la inspección de

estos elementos se debe hacer frecuentemente, en intervalos programados.

Los elementos que requieren guarda son los acoplamientos y el conjunto piñón catalina. En el caso del cuerpo del molino es necesario instalar barandas en todo su perímetro, pero estas deben ser removibles.

Es importante mencionar que se debe colocar un cartel en el cual se indique los elementos de protección personal (EPP) necesarios para trabajar al lado del molino, así mismo, se debe indicar los decibeles producidos por el equipo.

3.4. Procedimientos

Los procedimientos son documentos escritos que tiene una estructura común, en ella se explica el proceso detallado para realizar una tarea específica. Todo procedimiento posee las siguientes partes:

- a. Objetivo
- b. Alcance
- c. Documentos de referencia
- d. Recursos
- e. Procedimiento
- f. Control de calidad
- g. Equipos y herramientas
- h. Responsabilidades
- i. Anexos

En esta sección solo se detallara el cuarto ítem referente al "Procedimiento".

3.4.1. Maniobras

a. Procedimiento de desembarco de materiales

Lo primero que se debe hacer es revisar el estado de los elementos de izaje que se utilizarán. Se debe constatar que todos los elementos que aparecen en la guía de remisión estén presentes y si es que todos pertenecen al proyecto. Previamente, se deben conseguir listones de madera para que los elementos no se golpeen durante el desembarque y para que permita manipularlos fácilmente en una siguiente maniobra.

Con el apoyo de un cargador frontal, estobos y eslingas se procede a retirar, del camión cama baja, cada elemento. Debido a que la altura del cargador frontal es mínima, el procedimiento será sujetar los elementos con la eslinga (no utilizar cable de acero porque dañaría la pintura) para luego colocar las orejas de la eslinga en las uñas de la cuchara del cargador frontal. Seguidamente el operador levantará la cuchara y suspenderá el elemento, luego dará una señal, para que el camión se desplace y la carga quede libre, para ubicarla en el patio de la planta concentradora. De igual forma se irán retirando los elementos restantes.

Se debe tener especial cuidado de evitar que el personal circule debajo de cualquier carga suspendida, que se ubique en algún sitio confinado, que caminen en el borde de la plataforma durante la maniobra o que transiten al lado de la carga en movimiento.

b. Procedimiento de transporte de elementos pesados

Los elementos más pesados y de mayor volumen son el cilindro, las tapas y la catalina. Para movilizarlos desde el patio de la planta concentradora hasta el punto de montaje será necesario fabricar un trineo, el cual se movilizara sobre tubos a manera de ruedas, para su desplazamiento se utilizaran los tirfors y para sujetar los elementos al trineo se utilizaran tecles.

3.4.2. Ajuste de pernos

Para el ajuste de pernos se utilizará la pistola neumática, esta pistola viene junto con una compresora. Mediante una válvula se regula la presión del aire y según esta presión se obtiene el apriete necesario según el diámetro de cada tuerca.

Siempre se realizará un pre ajuste, luego se verificará y finalmente se ajustará por completo.

En el caso de pernos dispuestos en forma circunferencial o brida, el proceso de ajuste se hará en cruz, es decir se comenzara con una pareja de pernos diametralmente opuestos, para luego continuar con otra pareja de pernos cuya línea imaginaria que los une será perpendicular a la línea que une a la anterior pareja de pernos y así sucesivamente. Además se deben ir marcando los pernos ya ajustados con una marca de tiza.

3.4.3. Nivelación y alineamiento

a. Alineamiento del conjunto piñón catalina

Paso 1: Revisión de la desviación del labio de la brida del molino

Antes de la instalación de la catalina sobre el molino, el labio de la brida de conexión debe ser revisada su desviación axial. La temperatura del cilindro del molino debe ser uniforme cuando se revisa el labio de la brida de montaje.

Marcar los puntos de medición en la brida, los cuales estarán a la misma altura de los radios de la catalina, a estos puntos le llamaremos estaciones.

Posicionar los relojes comparadores como se muestra en a continuación

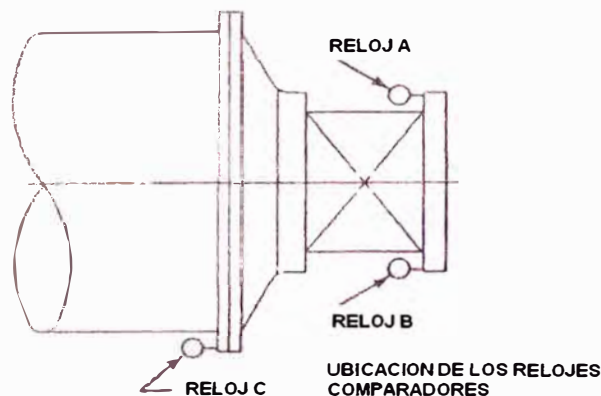


Figura 4

Rotar el molino una vuelta completa y guarde los valores medidos por los relojes en cada estación en las columnas 1,2 y 5 de la "Hoja de trabajo de la desviación de la brida del molino". Repita la lectura del reloj en la estación #1 y guárdela en la siguiente línea de la hoja de trabajo.

Tomar la suma algebraica de la columna 1 y 2 e ingrésela a la columna 3

Divida el valor de la columna 3 entre 2 e ingréselo a la columna 4. Mantenga el signo

Llene en las columnas 6 y 7 de acuerdo a las siguientes instrucciones. Cuando la punta del reloj C está dirigida en la misma dirección que los relojes A y B, rellene las columnas 6 y 7 como sigue:

- Ingrese los valores de la columna 4 en la columna 6 con el signos (+, -) invertidos
- Tomar la suma algebraica de las columnas 5 y 6 e ingresarla a la columna 7

Cuando la punta del indicador C esta direccionada en la dirección opuesta de los relojes A y B, llenar las columnas 6 y 7 como sigue:

- Ingresar los valores de la columna 4 en la columna 6 manteniendo el mismo signo.
- Tomar la suma algebraica de las columnas 5 y 6 e ingresarlas en la columna 7

Es la suma del máximo valor positivo (+) y del mayor valor negativo (-) dados en la columna 7. Por ejemplo: +.009, -0.003; la desviación total será 0.012.

Si la desviación axial de la catalina está más allá de lo permisible, es necesario colocar laines entre la catalina y la brida de montaje.

Paso 2: Montaje de la catalina

Todos los dientes, superficies de montaje y superficies de acoplamiento deberán ser limpiados a fondo antes de la instalación. Los golpes y rebabas que podrían haber ocurrido en el transporte,

deberán ser removidos para asegurar un ensamble y un contacto de dientes correcto.

En las catalinas se utiliza tornillos alineadores en el interior o rebaje de la brida de montaje, coloque el tornillo en su posición ANTES de montar la catalina al equipo. Asegure una mitad de la catalina a la brida de montaje con cuatro pernos. Gire el molino hasta que la mitad de la catalina se ubique en la parte inferior con las caras de unión en posición horizontal. **PRECAUSION: Proporcionar los medios para controlar la rotación del ensamble desbalanceado**

Insertar un perno de ensamble desde la parte superior de la división en el agujero de ensamble que está ubicado lo más cerca del diámetro exterior de la mitad de la catalina

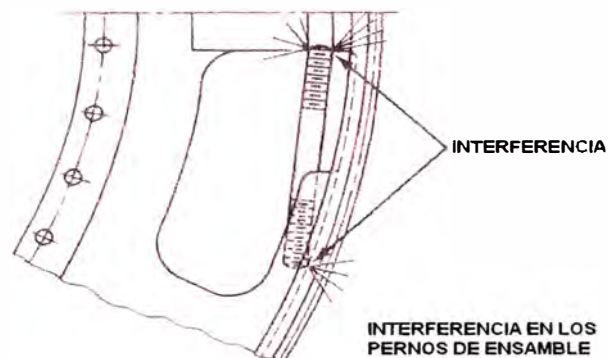


Figura 5

Ponga la segunda mitad de la catalina en posición. Ensámblelos de manera que todas las marcas de coincidencia estampadas aparezcan en la misma mitad.

Asegure la mitad de catalina contra la brida de montaje con seis pernos, uno cercano a cada superficie de acoplamiento y el resto uniformemente distribuido. Estos pernos deberán ser

ajustados lo suficiente para asegurar un contacto metal-metal, pero no tan apretado para que esta mitad de catalina no pueda ser desplazada ligeramente. Posicione los agujeros de alineamiento en las superficies de acoplamiento tan precisamente como se pueda por desplazamientos de la mitad superior de la catalina. Use los tornillos alineadores, gatas de tornillo o gatas hidráulicas.

Insertar los espárragos de alineación cónicos en la bocina de forma que el extremo mayor del cono este hacia el extremo con labio de la bocina.

Ajuste los espárragos de alineación con un valor de torque dado en Tablas, usando la técnica del ajuste en cruz.

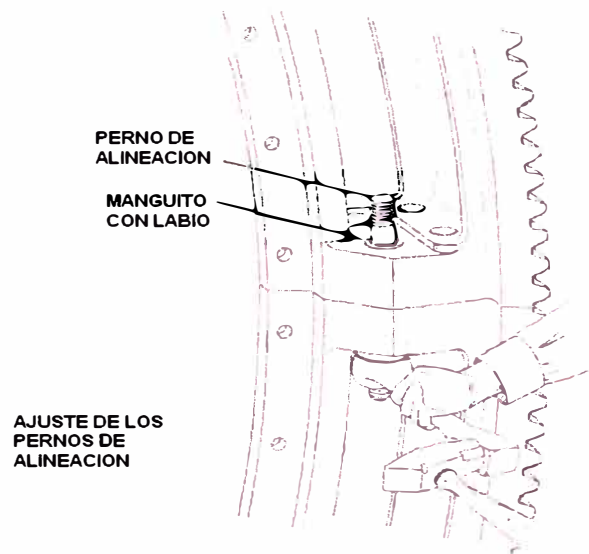


Figura 6

Revisar el alineamiento de la unión. Con una pequeña escuadra y un calibrador de láminas, revisar el alineamiento en el borde de la cara de las mitades de la catalina. Estas deberán estar alineadas entre sí con 0.003" aproximadamente.

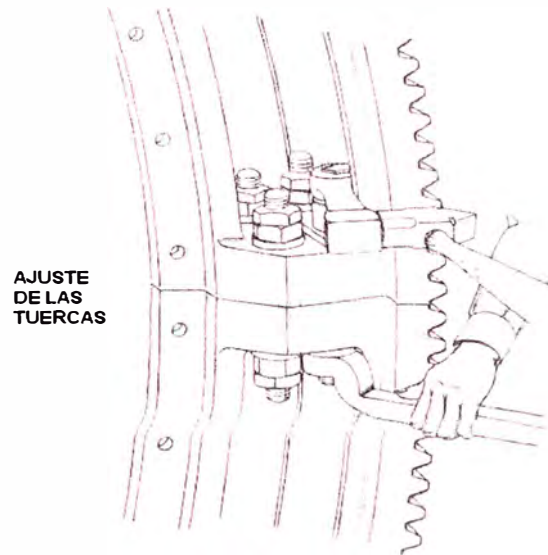


Figura 7

Después de que los espárragos de ensamble han sido insertados, ajustar las tuercas estándar superior e inferior de manera que sobresalga equitativamente a ambos extremos.

Paso 3: Ajustar la desviación axial de la catalina

La desviación permitida de la superficie del borde se muestra en la **Tabla 1**. La desviación permitida de la superficie del borde entre estaciones está determinada multiplicando la desviación permitida de la superficie de borde por el factor MF dado en la **Tabla 2**.

La ubicación del reloj comparador debe ser como se muestra en la **Figura 8**.

Si cualquiera de la desviación total o la desviación entre estaciones consecutivas exceden lo permitido, será necesario colocar laines entre la catalina y la brida de montaje.

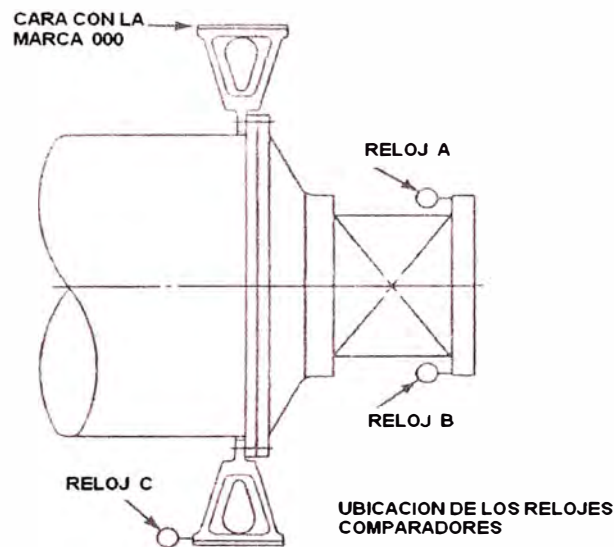


Figura 8

Paso 4: Ajustar la desviación radial de la catalina

La desviación radial total permitida está supeditada al diámetro de paso de la catalina. El diámetro de paso se encuentra en los planos de la catalina y la desviación radial permitida se da en la **Tabla 3**. La desviación radial permitida entre estaciones está determinada por la multiplicación de la desviación radial permitida por el factor MF, que se encuentra en la **Tabla 2**.

Coloque un reloj de manera que este pueda ser posicionado contra una de las cuatro superficies maquinadas mostradas en la **Figura 9**. Posicione el reloj perpendicular a la superficie maquinada a la altura de una de las estaciones marcadas en la superficie de la catalina. Después de una vuelta completa, el reloj debe marcar entre $\pm 0.002''$ de la lectura inicial en la primera estación.

Si el total o la desviación entre estaciones excede lo permitido, se puede corregir volviendo a centrar la catalina.

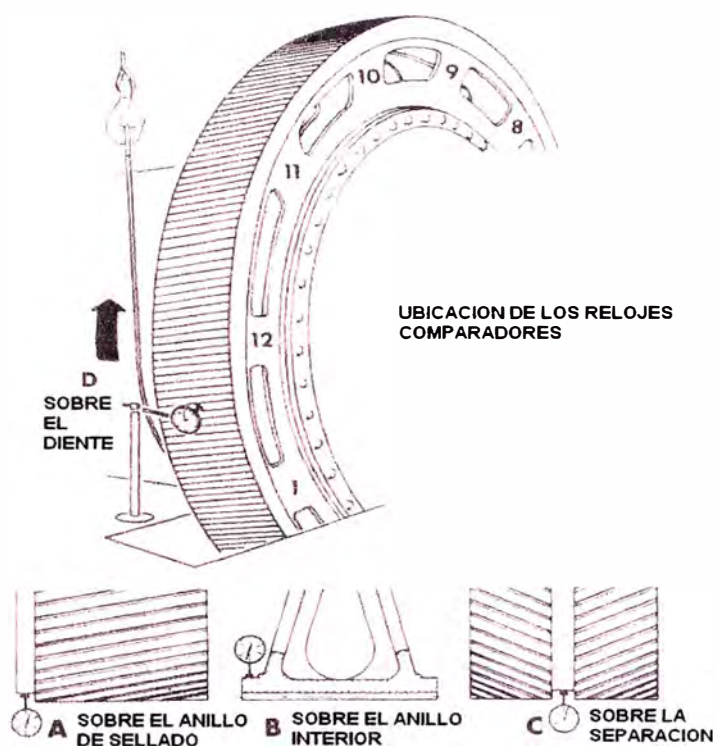


Figura 9

Paso 5: Instalación final de los pernos de la catalina

Cuando los valores de las desviaciones axial y radial están dentro de los límites permitidos, coloque todos los pernos restantes de la brida y aplique el torque según las especificaciones del fabricante. En este momento retire todos los tornillos centradores. Los tornillos centradores pueden causar distorsiones a la catalina.

Paso 6: Colocación de piñón

La holgura requerida varía según el paso diametral, la distancia entre centros y la diferencia de temperaturas entre la máxima temperatura de operación del engranaje y la temperatura ambiente del lugar en el momento de la instalación. El paso diametral, la distancia entre centros y la temperatura del lugar son

factores conocidos. La temperatura de operación real del engranaje varía según el tipo de cubierta, el tipo de molino, la lubricación y el producto siendo molido. El valor deberá ser establecido por el fabricante del molino o estimado de otra instalación similar existente.

El requerimiento de holgura recomendado (backlash) para cada juego de engranajes será determinado por la suma de dos factores. Uno permite la expansión térmica de la catalina y el piñón y el otro permite la holgura recomendada para el funcionamiento de un tamaño de diente dado.

La tolerancia para la dilatación térmica de la catalina y el piñón será determinada con la utilización del grafico mostrado en la **Figura 10**. Cuando se use este grafico, determinar la distancia entre centro del conjunto piñón catalina de los planos suministrados y determine el diferencial de temperatura de funcionamiento esperado, como se menciono anteriormente. Ingrese al grafico por el lado izquierdo en la distancia entre centros apropiada. Siga la línea del grafico horizontalmente hasta interceptar con la línea de temperatura, luego siga hacia abajo, verticalmente, para determinar la holgura permitida según la expansión térmica. A este valor, sume la cantidad de holgura adicional requerida por el paso diametral, mostrado en los planos del engranaje. Ver **Tabla 4**. Esta holgura total tiene una tolerancia de $+0.010''$, $-0.000''$.

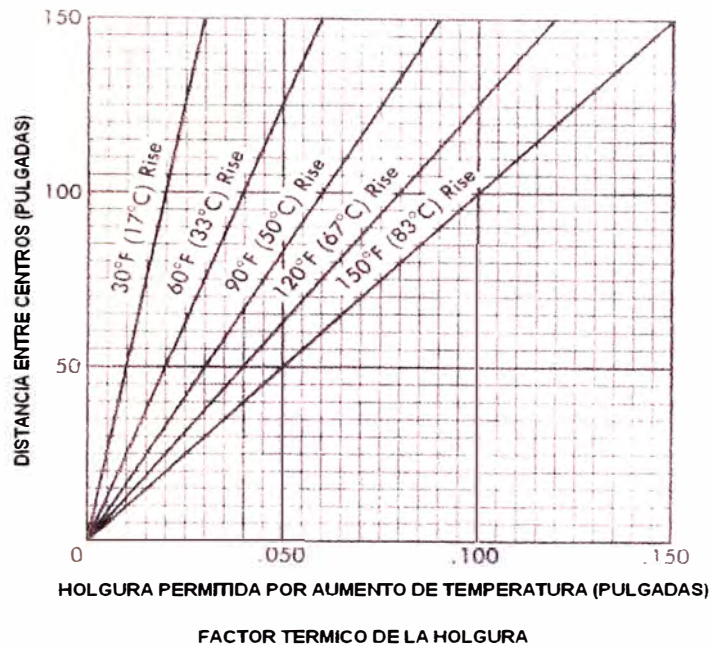


Figura 10

Posicionar el ensamble del piñón aproximadamente paralelo con el eje de la catalina nivelando y colocando laines preliminares en los pedestales de las chumaceras. La holgura deberá ser ajustada ahí donde la desviación radial de la catalina provoca la holgura mínima.

Con el piñón firmemente pegado a la catalina, revisar el contacto y la holgura a cada lado del diente en el punto de engrane de cada estación. Esto se consigue pasando un medidor de espesores entre los dientes como se muestra en la **Figura 11**. Siempre revise el contacto y la holgura cerca de la línea del diámetro de paso que ha sido grabada en el costado de los engranes. Acomodar las bases de la chumacera hasta que se obtenga una medición de espesores cercana a cero

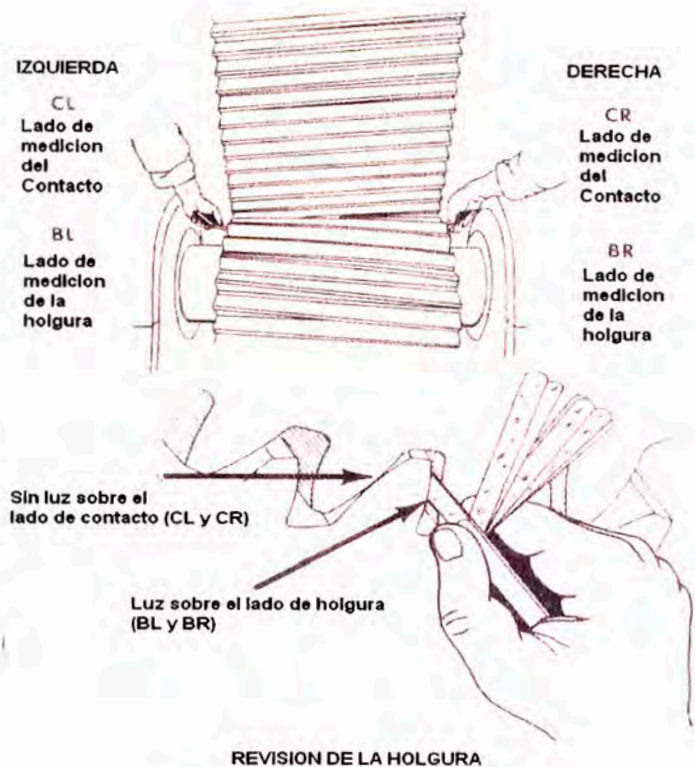
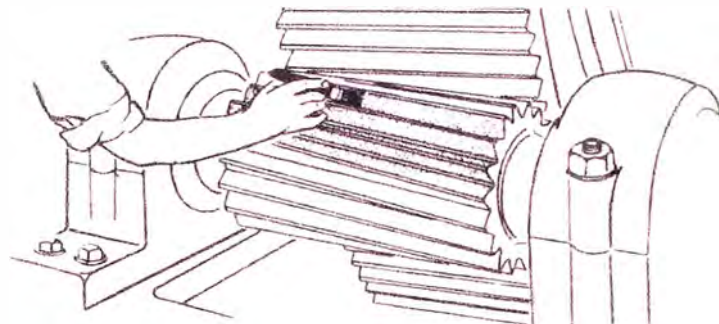


Figura 11

Después haga una revisión del contacto entre dientes para asegurar la precisión del alineamiento de engranajes. Aplique una capa lisa, muy delgada, de azul de Prusia o negro de humo, a 5 o 6 dientes del piñón, previamente limpiados, como se muestra en la **Figura 12**, asegurándose que toda la cara del diente está cubierta. Girar el piñón hacia atrás y adelante sobre el sector de los dientes recubiertos, varias veces, para trazar el patrón de contacto sobre los dientes de la catalina. El patrón de contacto puede ser intermitente pero deberá cubrir como mínimo 80% de la cara del diente de la catalina.

La misma revisión de contacto deberá ser hecha a un mínimo de tres puntos más, igualmente espaciados sobre la catalina.



RECUBRIMIENTO DE LOS DIENTES DEL PIÑÓN

Figura 12

Paso 7: Revisión final del ensamble de la catalina.

Inspeccionar los dientes de la catalina y remover las alteraciones y las rebabas, las cuales pueden haber ocurrido en el manipuleo o ensamblado.

Paso 8: Revisión final del alineamiento

La única verdadera medida del contacto es bajo las condiciones de funcionamiento. Esto es necesario debido a los efectos de la temperatura del molino, cambios en la deflexión del molino o la estructura de soporte debida a una posición diferente de la carga, movimiento del eje piñón en el juego de los rodamientos, movimiento de la cimentación, desplazamiento del molino en el juego de los cojinetes, etc. Las revisiones iniciales con el medidor de espesores y el reloj comparador son importantes y son un buen punto de inicio, pero el contacto dinámico es lo que determina la distribución de carga a través de la cara.

Pintar 3 dientes en 6 posiciones alrededor de la catalina con el marcador, lubrique los dientes, encienda el molino por 6 a 8 horas, eliminar el lubricante sin quitar los remanentes de la tinta. La

tinta debería haber desaparecido de los dientes de la catalina en un 100% del ancho de la cara en cada posición, si la catalina y el piñón están correctamente alineados.

Si la catalina tiene desviación axial, el contacto variara de un lado de la cara hacia el otro en un patrón sinusoidal, con cada rotación de la catalina. En consecuencia el patrón de contacto en el piñón cambiará. Sin embargo, la inspección de los dientes del piñón mostraría 100% de contacto, pero realmente, este podría ser 50% de contacto en un lado de la cara, durante la mitad de la rotación de la catalina y 50% de contacto en el otro lado, durante el resto de la rotación. Un mejor indicador del contacto puede ser obtenido revisando mas posiciones de la catalina.

Si no se llega al 100% de contacto de cara a plena carga en todas las posiciones, será necesario realinear. Como una guía para determinar en qué dirección mover el piñón o el molino, es necesario evaluar los patrones de contacto y relacionarlos con la rotación del piñón.

Esto es necesario para repetir la prueba con el marcador de tinta y seguir el procedimiento anterior después de hacer cualquier ajuste.

El desalineamiento en un conjunto de engranajes produce una distribución no uniforme de carga en toda la cara del engranaje y produce elevadas temperaturas de operación en el punto de máxima carga.

Una temperatura igual en ambos extremos de la cara del piñón indica una distribución de cargas uniforme y un alineamiento

optimo. Una temperatura desigual indica que el conjunto de engranajes esta desalineado con una distribución de cargas más pesada sobre una parte con temperaturas de operación mayores.

La distribución de temperaturas en toda la cara puede ser determinada por el método del pirómetro de contacto o por el método del termómetro de radiación infrarroja.

La posición 1 siempre estará en el lado del molino de la cara del piñón.

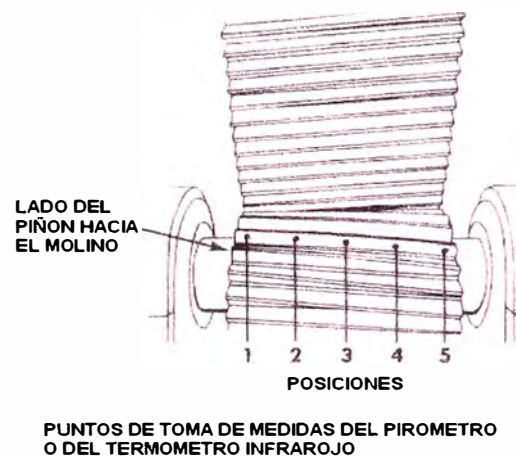


Figura 13

b. Alineamiento de los acoplamientos

Para la instalación de los acoplamientos, tanto entre el reductor y el eje piñón como entre el motor y el reductor. La distancia "gap" normal es de 6.35mm.

Para comprobar el alineamiento angular entre las caras del acoplamiento, se emplean bloques calibrados o calibradores de láminas. El procedimiento comienza marcando en ambas mitades del acoplamiento cuatro puntos en cruz, los que se denominaran 0,

90, 180 y 270. El par de puntos 90 y 180 servirán para efectuar el alineamiento angular en el sentido horizontal. Mientras que los puntos 0 y 180 se emplearán para el alineamiento en el sentido vertical.

Con dos juegos de bloques calibrados y calibradores de laminas, tomar la medida de la distancia entre las caras de ambas mitades del acoplamiento en los puntos 0 y 180, llamando A al juego de calibradores que se ubica en el punto 0 y B al que se ubica en el punto 180.

Se hace girar 180° las dos mitades del acoplamiento, con sus respectivos calibradores y se toma una nueva medida en cada punto

Es posible que al hacer volver el sistema a su posición original, las lecturas no sean iguales a las primeras, lo que indicaría que los ejes han tenido desplazamiento axial. Esto no altera el resultado, pues el empleo de dos juegos de calibradores compensa automáticamente este desplazamiento.

Las lecturas obtenidas en los pasos anteriores se suman en la siguiente forma

$$\text{Lectura (primera posición) A} + \text{Lectura B (segunda posición)} = X$$

$$\text{Lectura (primera posición) B} + \text{Lectura A (segunda posición)} = Y$$

$$(X-Y)/4 = Z$$

Si "Z" es positivo, el acoplamiento está por debajo de la línea eje. Pero si "Z" es negativo, entonces el acoplamiento está por encima de la línea eje.

Si la máxima diferencia entre medidas excede 0.4mm, el procedimiento debe ser repetido hasta lograr que el desalineamiento no pase de este valor. Si no se ha debido alterar la distancia "gap" normal, los bloques calibrados deben tener 6.35mm de espesor, en caso contrario los bloques deben tener la medida adecuada².

Después, Con los ejes en su posición inicial, se toman las medidas en el punto 90 con el calibrador A y en el punto 270 con el calibrador B.

Se gira el conjunto 180° y se vuelven a tomar las medidas de separación entre caras.

Se regresa el conjunto a su posición original. Esto es importante para tener un punto de referencia para las instrucciones finales de esta fase de alineamiento.

Las mediciones obtenidas en los anteriores pasos se suman en la siguiente forma

$$\text{Lectura (primera posición) A} + \text{Lectura B (segunda posición)} = X$$

$$\text{Lectura (primera posición) B} + \text{Lectura A (segunda posición)} = Y$$

$$(X-Y)/4 = Z$$

Si "Z" es positivo, se deberá mover horizontalmente el conjunto de manera que se acerquen los puntos 270 y se aléjenlos puntos 90. Al contrario si "Z" es negativo el movimiento será para acercar los puntos 90y alejar los puntos 270.

Una vez asegurado el paralelismo entre las caras es posible trabajar sobre la concentricidad.

² El "gap" varía entre 12.7mm y 1.58mm

Sobre las mismas marcas anteriores y solidarias con la mitad del acoplamiento donde está el elemento guía, se ubican dos relojes comparadores regulados a cero, el A sobre la marca 0 y el B sobre la marca 180

Girar el conjunto 180° y tomar la lectura en ambos instrumentos.

Volver a girar el conjunto a su posición original. Si los instrumentos no regresan a cero, es señal de que se ha producido un corrimiento y debe corregirse la condición antes de poder seguir adelante.

Si "Z" es positivo, el segundo elemento está más bajo que el elemento guía, por el contrario si "Z" es negativo el segundo elemento está más alto

La máxima desviación de la concetricidad no debe ser mayor que 0.4mm para este tamaño de acoplamientos.

3.5. Plan de seguridad

3.5.1. Responsabilidades

- Ingeniero de seguridad

Es el encargado de la gestión de la prevención de riesgos en el medio laboral y en el entorno, debido a condiciones inadecuadas que rodean al trabajador dentro del proyecto. Gestiona la prevención de riesgos a la salud ambiental y programas para la gestión de la seguridad, salud ocupacional y el medio ambiente.

Debe coordinar las estrategias con el Ingeniero residente para poder capacitar al personal y realizar las charlas de inducción, las charlas de seguridad, etc.

Debe estudiar el plan de gestión de seguridad de la empresa minera y complementarlo con el plan de seguridad de la empresa contratista.

Debe coordinar con la supervisión de la minera todo trabajo o tarea que se vaya a realizar en el proyecto, para tramitar los permisos correspondientes y notificar a los involucrados.

En caso de algún accidente, debe encargarse de liderar el plan de respuesta. Debe estar presente durante la realización de los trabajos que involucren trabajos de alto riesgo, además de que debe estar supervisando todas las tareas periódicamente.

Debe revisar las herramientas para comprobar que estén en buen estado y no representen un riesgo.

- Ingeniero Residente

Esta encargado de coordinar con el ingeniero de seguridad todas las medidas necesarias para controlar los riesgos asociados al proyecto.

- Personal

Los trabajadores son responsables de velar por su seguridad durante su trabajo, además deben comunicar a los responsables cualquier situación de riesgo o actos sub estándar de cualquier otro trabajador.

3.5.2. IPER

Las siglas I.P.E.R. significan IDENTIFICACION DE PELIGROS, EVALUACION DE RIESGOS este documento sirve para identificar y documentar las condiciones de trabajo existentes en el ambiente laboral que pudieran afectar la seguridad y salud en el trabajo.

Este documento deben realizarlo el supervisor junto con la cuadrilla de trabajadores, de tal manera que, el grupo de trabajo este enterado de las circunstancias en la que laborarán.

Además del conocimiento de la actividad laboral es necesario conocer: cantidad de personal expuesto, frecuencia y duración de la exposición, falla en los servicios, factores climáticos, protecciones existentes, conocimientos, habilidades y destrezas Determinar probabilidad del daño.

3.5.3. PETS

Las siglas P.E.T.S. significan PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO, este documento sirve para identificar, documentar y establecer la manera de realizar una actividad específica, se debe nombre la forma correcta de trabajar.

3.5.4. Charla de 5 minutos

Las mejores prácticas de seguridad industrial recomiendan realizar pláticas de 5 minutos todos los días para crear conciencia en su equipo sobre diferentes temas de seguridad e higiene laboral. Minimizar los riesgos laborales es una responsabilidad por la que

debemos trabajar continuamente y nada mejor que una corta sesión cada mañana.

Esta charla será realizada por el supervisor, pero el deberá propiciar la participación de todo el grupo, rotando la lectura de documentos, pidiendo opiniones, haciendo preguntas y fomentando un buen clima de trabajo.

3.5.5. PETAR

Las siglas P.E.T.A.R. significan PERMISO ESCRITO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO, este documento se utiliza para documentar trabajos especiales que involucran mayor riesgo que los trabajos rutinarios, en el se debe indicar los riesgos asociados a la actividad y la manera de minimizar o controlar dichos riesgos. Este documento debe ser firmado por el responsable de la supervisión y aprobado por el supervisor de seguridad de la compañía minera.

CAPÍTULO IV

4. PUESTA EN MARCHA DEL MOLINO

4.1. Prueba en vacío

Comprobar el ajuste de todos los pernos y tuercas del molino (Pernos de anclaje, pernos de la catalina, pernos del cilindro y tapa, pernos de los acoplamientos, pernos del eje piñón) y retirar todas las escaleras, herramientas y otras obstrucciones antes de proceder al arranque. Verificar el nivel del aceite del conjunto piñón catalina,

Antes de arrancar el molino se recomienda que se dé una o dos vueltas manualmente para verificar que no existan interferencias de las partes móviles con los pedestales, guardas, etc.

La superficie de los muñones debe ser revisada también para comprobar la uniformidad de la película de aceite, buscando la evidencia de materias extrañas que se puedan manifestar por la aparición de arañazos en la superficie de los muñones. Si hay arañazos, es muy probable que algo, como una salpicadura de soldadura, haya sido arrastrado hasta el casquillo y puede ser encontrado embebido allí. Estas partículas deben ser extraídas antes de seguir adelante.

Si todo es encontrado satisfactorio, se hace andar el molino por diez a quince minutos, tal como lo indica el manual del fabricante COMESA

y después se lo detiene. Se observan las chumaceras principales para detectar cualquier calentamiento anormal. Igual los dientes de la catalina para ver el patrón que forma el aceite que, si es uniforme, revela que el alineamiento es correcto.

Si hasta ese momento todo está bien, se hace andar el molino de seis a ocho horas, observando cualquier reacción anormal de las chumaceras principales, las chumaceras del eje piñón y el conjunto catalina piñón.

Se debe notar que con el molino vacío las reacciones y características de operación de las chumaceras y de los engranajes son diferentes que con la carga de bolas. La catalina será muy ruidosa y se producirá alguna vibración por la falta de carga y el normal huelgo entre los dientes de la catalina y el piñón (backlash). Además, una vez cortada la energía del motor, el molino seguirá girando, por lo que se tienen que tomar algunas medidas de seguridad (barandas en todo el perímetro del molino, charla de seguridad al personal acerca del arranque y parada de molinos, alarma sonora y luminosa en el tablero de control, utilizar candado o lockout³ en el tablero general) para que no se trabaje en el molino hasta que se haya detenido totalmente.

4.2. Prueba con carga

Primero llenara el molino con agua y se lo hará funcionar por 6 u 8 horas, a fin de descartar cualquier fuga. Seguidamente se coloca media carga de bolas y se hace funcionar el molino por seis u ocho horas más, alimentando aproximadamente la mitad de la carga prevista para el molino.

³ Candado que posee una tarjeta que indica el propietario de la llave.

Al cabo de ese tiempo, se detiene el molino y se observa nuevamente el patrón que dibuja el lubricante en los dientes de la catalina y del piñón, se rectifica el engrane si es necesario. Cabe resaltar que en la mayoría de casos las pequeñas fugas de agua, son posteriormente selladas por la misma carga.

Algunos pernos, particularmente los de los forros del casco, se habrán aflojado. Deben ser apretados correctamente otra vez. Debe comprobarse el ajuste de aquellos pernos que no van a denunciar su falta de ajuste con filtraciones. Esto incluye los pernos de fijación de la catalina, bridas del cilindro y los muñones.

Si se produce una filtración que contamine la lubricación de los engranajes, se debe detener el molino de inmediato y tomar las acciones correctivas del caso, incluyendo la completa limpieza de todo rastro de pulpa que haya caído en piezas vitales.

Se puede completar ahora la carga de bolas, así como la alimentación, para que llegue a plena capacidad. Después de cuatro o seis días, todos los pernos deben ser reajustados y la catalina y piñón observados otra vez, realineándolos si fuera necesario.

4.3. Control de temperatura

Se debe controlar la temperatura en diversos puntos del molino, como son:

- a. Chumaceras principales
- b. Chumaceras del eje piñón
- c. Acoplamientos
- d. Motor eléctrico.

El fin de controlar la temperatura es para identificar si el montaje se realizó correctamente o si es que existe algún elemento mecánico que no esté funcionando bien.

Se debe tomar una lectura cada 15 minutos y anotar los resultados en una tabla, para tener un registro de la evolución del equipo. En caso de que la temperatura sobrepase los límites permitidos, se debe detener el molino inmediatamente, analizar y reparar la causa del aumento de la temperatura y volver a arrancar el molino. Para realizar esta tarea se debe utilizar un pirómetro.

Es difícil predecir la temperatura de operación exacta de los chumaceras principales. La experiencia ha demostrado que cada chumacera se estabiliza a su propia temperatura, al extenderse entre 32°C y 52°C. Muchos factores como la temperatura ambiente, cantidad de aceite, viscosidad, separación de cojinetes, alineamiento, cantidad de agua del molino, etc., contribuyen a estabilizar la temperatura de funcionamiento final. Si se tiene temperaturas no estabilizadas dentro de estos parámetros, el molino debe ser apagado para realizar las acciones correctivas necesarias.

Las temperaturas del rodamiento del piñón también son influenciadas por muchos factores. Cada cojinete se estabilizará a su propia temperatura de funcionamiento, al extenderse entre 60°C y 82°C. Cuando el molino es conducido por un engranaje helicoidal, el cojinete del piñón que recibe el empuje axial funcionará, normalmente, más caliente. Si las temperaturas no se estabilizan y se coloca fuera de los parámetros estables, el molino debe ser apagado para realizar las acciones correctivas necesarias.

Se debe tener una tabla similar a esta:

		CHUMACERA PRINCIPAL		CHUMACERA EJE PIÑON		RODAMIENTO DEL MOTOR	
MIN	HORAS	DESCARAGA	CARGA	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR
0							
15							
30							

4.4. Control de parámetros eléctricos

Se deben controlar los parámetros electricos como el amperaje, voltaje, .Similar al caso de la medición de la temperatura, la medición de los parámetros eléctricos nos indica si el motor eléctrico se está esforzando (lo cual indicaría que existe algún problema con el molino) o también podría indicar fallas en el tendido eléctrico o en el mismo motor.

La lectura de parámetros se realiza cada 15 minutos durante las pruebas en vacio y con carga.

4.5. Control de parámetros mecánicos

Se debe revisar:

- a. Fuga de lubricante
- b. Fuga de carga
- c. Pernos flojos: La causa más frecuente del daño a un molino es por los revestimientos flojos. Poco después del arranque inicial, el impacto de la molienda produce, en los revestimientos, el desajuste de los mismos. Por lo tanto, este desajuste debe de ser revisadas y vuelto a ajustar, apretando los pernos cuidadosamente, siempre que sea necesario. Los pernos mal ajustados del cilindro pueden causar rápidamente el

alargamiento de los agujeros del cilindro, lo cual generaría reparaciones costosas innecesarias.

- d. Vibración de los elementos
- e. Las rpm del cada elemento móvil (molino, eje piñón, eje del reductor y eje del motor eléctrico) Los molinos están diseñados para trabajar a una cierta velocidad, para la cual el proceso de molienda adquiere su máxima efectividad, es por ello que se debe controlar que el molino funcione a la velocidad de diseño. En caso contrario se debe apagar el molino y encontrar la causa de la variación de velocidad.
- f. El acabado de la pintura: Por una cuestión de orden, todos los molinos, dentro de la planta concentradora, tienen el mismo color. Es por ello que se debe colocar una pintura de acabado sobre la pintura original del equipo.
- g. Interferencia entre elementos. Es de vital importancia verificar que el molino no choqa con algún elemento como el cimientto, baranda, etc. A fin de cuando arranque produzca un accidente
- h. Rozamiento entre elementos,
- i. Niveles de lubricantes,
- j. Grietas o fisuras en los elementos.

CONCLUSIONES

1. El planeamiento de la obra se debe controlar principalmente con la curva S, el cronograma y el presupuesto.
2. La programación de 3 semanas es una herramienta ágil del control de proyectos que permite prever las necesidades futuras, para ir las gestionando con anticipación.
3. Es indispensable que se entreguen informes acerca del avance del proyecto al cliente, bajo el formato del Informe Semanal, para que ambas partes estén al tanto, no solo del proyecto mismo, sino de todos los factores externos que repercuten en el avance.
4. El proceso de montaje debe seguir la secuencia de los procedimientos estándares. Sobre todo el procedimiento de alineamiento del piñón y catalina, que son la parte más importante del montaje mecánico.
5. La programación de la seguridad y medio ambiente son básicas en todo los proyectos mineros, se debe programar con anticipación las maniobras, el plan de seguridad y los permisos correspondientes. Así mismo, se debe establecer un cuadro de funciones y responsabilidades en el cual se involucre a todo el personal, para que en caso de algún accidente, el equipo este preparado para actuar y responder bajo un mismo esquema.

RECOMENDACIONES

- 1.** Desde el comienzo del proyecto se debe hacer un buen cronograma, basado en el alcance real del proyecto, para utilizarlo como línea base, sobre la cual, se desarrollará el proyecto.
- 2.** Nunca arrancar el molino sin antes haber lubricado los casquillos
- 3.** Todos los equipos de medición deben ser calibrados antes de comenzar la obra y los certificados no deben tener más de un año de antigüedad.
- 4.** Controlar la temperatura del agua que se utilizara para preparar el mortero de nivelación (grouting), ya que, cuanto más alta sea la temperatura, más rápido será el fraguado y cuanto más baja es la temperatura, más lento será el fraguado.
- 5.** Actualizar siempre los documentos de seguridad antes de comenzar el proyecto, de acuerdo a las “lecciones aprendidas” y adecuarlos a los nuevos estándares de seguridad.

BIBLIOGRAFIA

1. Consorcio Metalúrgico S.A., “Molino de Bolas de 8'Ø x 10'. Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento”, Lima, Perú, 2007.
2. The Falk Corporation, “Instructions for installing and aligning Falk flange mounted ring gears for trunnion mounted equipment”, Service Manual 638-110, Milwaukee, Wisconsin, 1979.
3. V&JICSA, “Manual de Seguridad”, Lima, Peru, 2009.
4. Project Management Institute, “Guía de los Fundamentos de La Dirección de Proyectos”, 3ra Edición, EE.UU, 2004.
5. Dubbel, “Handbook of mechanical engineering”, Cap. Mechanical machine components, Editorial Springer – Verlag, Londres, 1994
6. Mott, Robert, “Diseño de elemento de maquinas”, 4ta Edición, Pearson Educación, México, 2006.

ANEXOS

ANEXO #2: PERMISO ESCRITO DE TRABAJO DE ALTO RIESGO. (P.E.T.A.R.)

N°		FECHA:	
SECCIÓN:		LABOR:	
HORA DE INICIO:		HORA TÉRMINO:	
1) DESCRIPCIÓN DE TRABAJO:			

2. RESPONSABLES DE LOS TRABAJOS.			
OCUPACIÓN	NOMBRES	FIRMA INICIO	FIRMA TERMINO

3. EQUIPO DE PROTECCIÓN REQUERIDO			
	CASCO TIPO ALA REDONDA CON CORREA DE BARBILLA		ARNÉS DE SEGURIDAD
	MAMELUCO CON CINTA REFLECTIVA		CORREA PORTALAMPARAS
	GUANTES DE JEBE NEOPRENE O CUERO		MORRAL DE LONA
	BOTA DE JEBE CON PUNTA DE ACERO		PROTECTOR DE OIDOS
	RESPIRADOR PARA GASES/POLVO		OTROS
	PROTECTOR VISUAL		

4. HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES:

5. PROCEDIMIENTO:

6. AUTORIZACIÓN Y SUPERVISIÓN :		
CARGO	NOMBRES	FIRMA
SUPT. DE :		
SUPT. DE SEGURIDAD		
ASISTE. SUPT. DE		
JEFE DE SECCIÓN		
ING. JEFE DE GUARDIA :		
SUPERVISOR DE SEGURIDAD		

**ANEXO #3: PROCEDIMIENTO ESCRITO PARA EL TRABAJO SEGURO.
(P.E.T.S.)**

Logo	PETS – PROCEDIMIENTO ESCRITO PARA EL TRABAJO SEGURO	ELEMENTOS:	CODIGO:	
		REFERENCIA:	VERSION:	PAG:
DESCRIPCION DE LA TAREA:	VACEADO DE CONCRETO	Nº TRABAJADORES:	ELABORACION:	
Área:	Ejecutores:	Responsables del cumplimiento:	Fecha de Emisión:	Revisado:

	PASOS SECUENCIALES DEL TRABAJO	CONSECUENCIA DEL RIESGO (daño o impacto)	CONTROL DEL RIESGO
1			
2			
3			

Elaborado por:	Revisado por: GERENCIA DE SSMAC	Aprobado por: GERENTE DE OPERACIONES:

ANEXO #4: CHARLA DE 5 MINUTOS.



"¿CÓMO EVITAR ACCIDENTES?"

¿Quieren evitar un accidente?, ¿Quieren saber un pequeño secreto que les ayudará a evitar los accidentes más que cualquier otra cosa?, ¿creen lo suficientemente en la seguridad, como para tomarse el tiempo de leer algo que les ayudará a evitar un accidente?, ¿Cuántos trabajadores conocen la respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué es un accidente evitable? Lo probable es que se tengan diez respuestas diferentes si se le pregunta a otras tantas personas y probablemente ninguna de las respuestas es correcta.

Un accidente evitable es aquél en el que no se hizo todo lo que razonablemente pudo haberse hecho para evitar el accidente. Si se tiene conocimiento de una condición o de un acto Inseguro que puede causar un accidente y no se hace nada al respecto, este puede ser considerado un accidente evitable.



La mayoría de los accidentes de los que tenemos conocimiento han sido accidentes evitables. Alguien pudo haber hecho alguna cosa razonable que pudo haber evitado el accidente.

Algunas veces todo lo que hay que hacer es protegerse a usted mismo y otras veces a quien está ayudando. Los accidentes pueden ser evitados, pero se necesita ayuda. Los mejores resguardos y equipos de seguridad, no evitarán accidentes si los trabajadores no cooperan.

Piensen por un momento en algún accidente que hayan tenido y pregúntense "¿Hice todo lo que razonablemente pude haber hecho para evitar el accidente?".

"TRABAJO SEGURO CON ACTITUDES SEGURAS"

"SEGURIDAD, TAREA DE UNO, RESPONSABILIDAD DE TODOS"

ANEXO #5: TABLAS PARA LA ALINEACION DEL PIÑON Y LA CATALINA.

Diámetro exterior de la catalina (Pies)	Desviación permitida en la superficie del anillo (Pulgadas)	Diámetro exterior de la catalina (Pies)	Desviación permitida en la superficie del anillo (Pulgadas)
9	0.008	17	0.017
10	0.009	18	0.019
11	0.010	19	0.021
12	0.010	20	0.022
13	0.011	21	0.024
14	0.013	22	0.026
15	0.014	23	0.027
16	0.016	24	0.029

Tabla 1

# de estación	8	10	12	14	16	18	20	22	24
MF	.353	.293	.250	.217	.191	.171	.154	.141	.129

Tabla 2

Paso diametral nominal (Ver los planos)	Desviación radial aceptable (Pulgadas)	Altura aproximada del diente (Pulgadas)
5/8	0.050	3.60
3/4	0.040	3.00
1	0.030	2.25
1-1/4	0.025	1.80
1-1/2	0.020	1.50
Y por encima		

Tabla 3

Paso diametral (Ver los planos)	Medida del factor de holgura (Pulgadas)	Paso diametral (Ver los planos)	Medida del factor de holgura (Pulgadas)
5/8	0.055	1-1/2	0.040
3/4	0.050	1-3/4	0.035
1	0.045	2	0.030
1-1/4	0.040	2-1/2	0.030

Tabla 4

ANEXO #7: TABLA PARA EL ALINEAMIENTO RADIAL DE LA CATALINA.

# Estación	1	2	3	4	5	6	7
Lectura							
Diferencia entre estaciones sucesivas							
# Estación	8	9	10	11	12	13	14
Lectura							
Diferencia entre estaciones sucesivas							
# Estación	15	16	17	18	19		
Lectura							
Diferencia entre estaciones sucesivas							

ANEXO #8: TABLA PARA REGULAR LA HOLGURA Y EL CONTACTO DE LOS DIENTES DEL PIÑÓN Y CATALINA.

# Estación	Lado de contacto		Lado de holgura		Total	
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
	CL	CR	BL	BR	TL	TR
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

ANEXO #9: TABLA DE LUBRICANTES RECOMENDADOS

PUNTOS DE LUBRICACION	CHUMACERA PRINCIPAL	CHUMACERA EJE PIÑÓN	CATALINA PIÑÓN	REDUCTOR
LUBRICANTES	TEXACO MEROPA 150	TEXACO REGAL AFB-2	TEXACO MEROPA 150	TEXACO MEROPA 150
	SHELL OMALA OIL 150	SHELL ALBANIA EP-2	SHELL OMALA OIL 150	SHELL OMALA OIL 150
	PETROPERU ENGRANOL MINERAL 150	PETROPERU GR. MULT. EP- 2	PETROPERU ENGRANOL EP GRADO B	PETROPERU ENGRANOL EP GRADO C
PRIMER CAMBIO	500 HRS	X	300 HRS	300 HRS
CAMBIOS SUCESIVOS	CADA AÑO O SEGÚN ANALISIS	X	CADA 6 MESES O SEGÚN ANALISIS	CADA 6 MESES O SEGÚN ANALISIS
INSPECCION	DIARIO	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL
TAREA	VERIFICAR NIVEL VERIFICAR FUGAS	DETECTAR FUGAS	COMPROBAR NIVEL	COMPROBAR NIVEL

ANEXO #10: CHECK LIST DE INSPECCIÓN

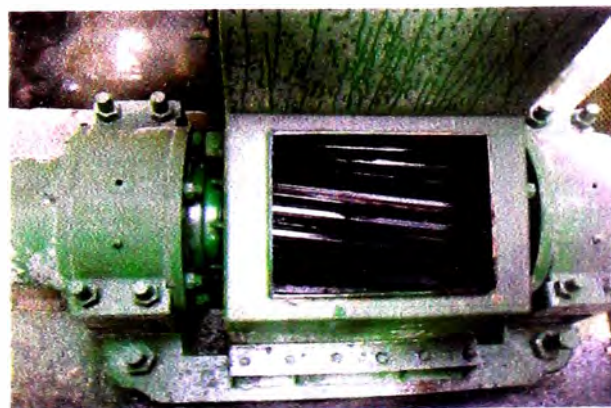
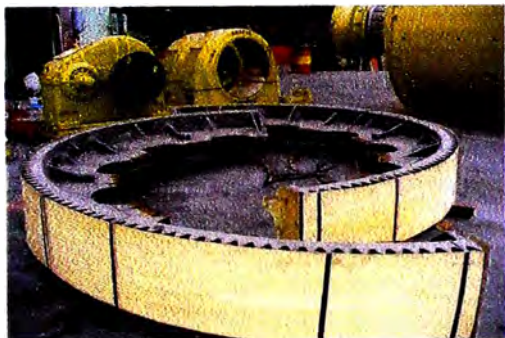
1	FUGA DE LUBRICANTE			
1.1	Chumaceras principales	SI		NO
1.2	Chumacera de eje piñon	SI		NO
1.3	Guarda de catalina	SI		NO
1.4	Reductor principal	SI		NO
2	FUGA DE CARGA			
2.1	Por los pernos de ajuste de los forros	SI		NO
2.2	Entre la tapa y el cilindro	SI		NO
2.3	Entre la tapa y el muñon	SI		NO
3	PERNOS SUELTOS			
3.1	Entre catalina y tapa	SI		NO
3.2	Entre cilindro y tapa	SI		NO
3.3	Pernos de anclaje del molino	SI		NO
3.4	Pernos de anclaje del eje piñon	SI		NO
3.5	Pernos de anclaje del reductor	SI		NO
3.6	Pernos de anclaje del motore electrico	SI		NO
3.7	Pernos de ajuste de los forros			
4	VIBRACION			
4.1	Chumaceras principales	SI		NO
4.2	Chumaceras del eje piñon	SI		NO
4.3	Reductor	SI		NO
4.4	Motor electrico	SI		NO
5	VELOCIDAD DE GIRO			
5.1	Motor electrico	SI		NO
5.2	Eje rapido del reductor	SI		NO
5.3	Eje lento del reductor	SI		NO
5.4	Eje piñon	SI		NO
5.5	Catalina	SI		NO
6	INTERFERENCIAS			
6.1	Cilindro	SI		NO
6.2	Catalina	SI		NO
6.3	Eje piñon	SI		NO
6.4	Reductor	SI		NO
6.5	Motor electrico	SI		NO
6.6	Trommel	SI		NO
7	ROZAMIENTO			
7.1	Cilindro	SI		NO
7.2	Catalina	SI		NO
7.3	Eje piñon	SI		NO
7.4	Reductor	SI		NO
7.5	Motor electrico	SI		NO
7.6	Trommel	SI		NO
8	NIVELES DE LUBRICANTES			
8.1	Chumaceras principales	SI		NO
8.2	Chumacera de eje piñon	SI		NO
8.3	Guarda de catalina	SI		NO
9	GRIETAS O FISURAS			
9.1	Pedestales de concreto	SI		NO

ANEXO #11: PLANO LAYOUT FRONTAL

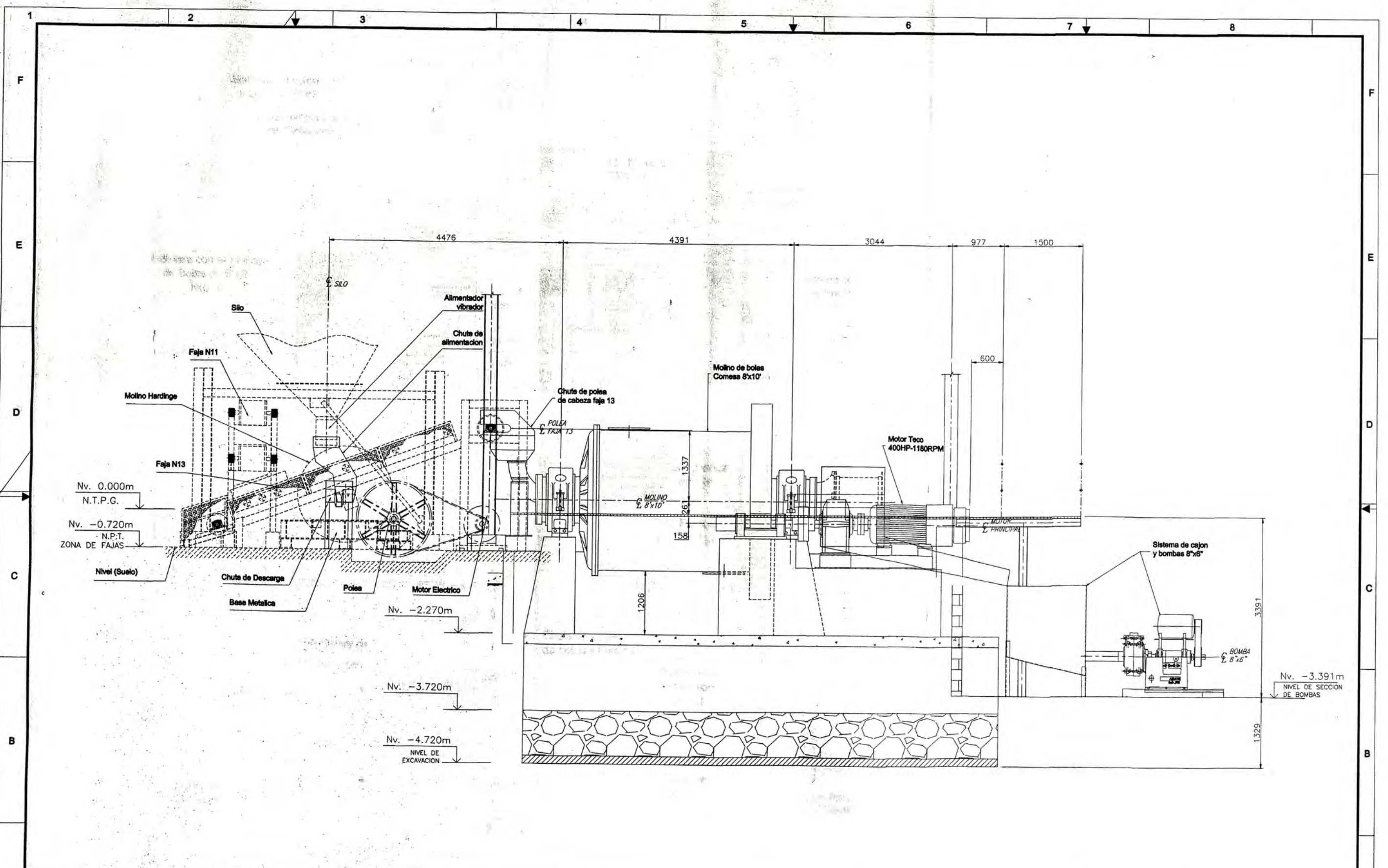
ANEXO #12: PLANO LAYOUT ELEVACION

ANEXO #13: PLANO LAYOUT PLANTA

ANEXO #14: FOTOS DEL PROYECTO







REVISIONES				
N°	FECHA	DESCRIPCION	EMS.	YF

OBSERVACIONES
1- DIMENSIONES EN MILIMETROS, SALVO INDICACION CONTRARIA

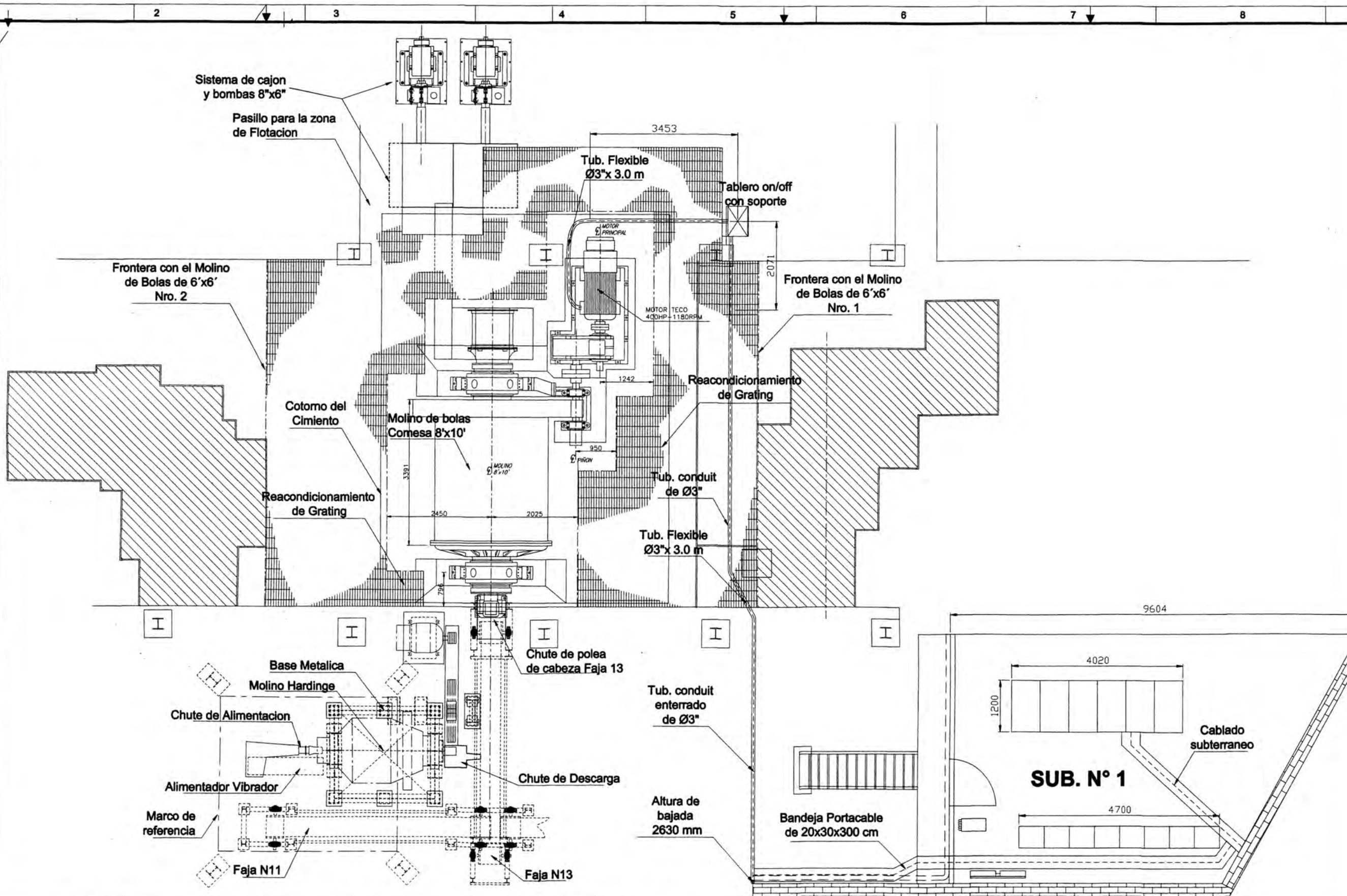
NUMERO	TITULO

RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA

CLIENTE:
 TITULO: **INGENIERIA DE DETALLE PARA MONTAJE DE MOLINO DE BOLAS COMESA 8'x10' ARREGLO GENERAL-VISTA DE ELEVACION**
 PLANO N°:
 REV: 0

PLANOS DE REFERENCIA

ESTA COPIA SÓLO SERÁ VÁLIDA CON LA ÚLTIMA REVISIÓN APROBADA POR EL SUPERVISOR



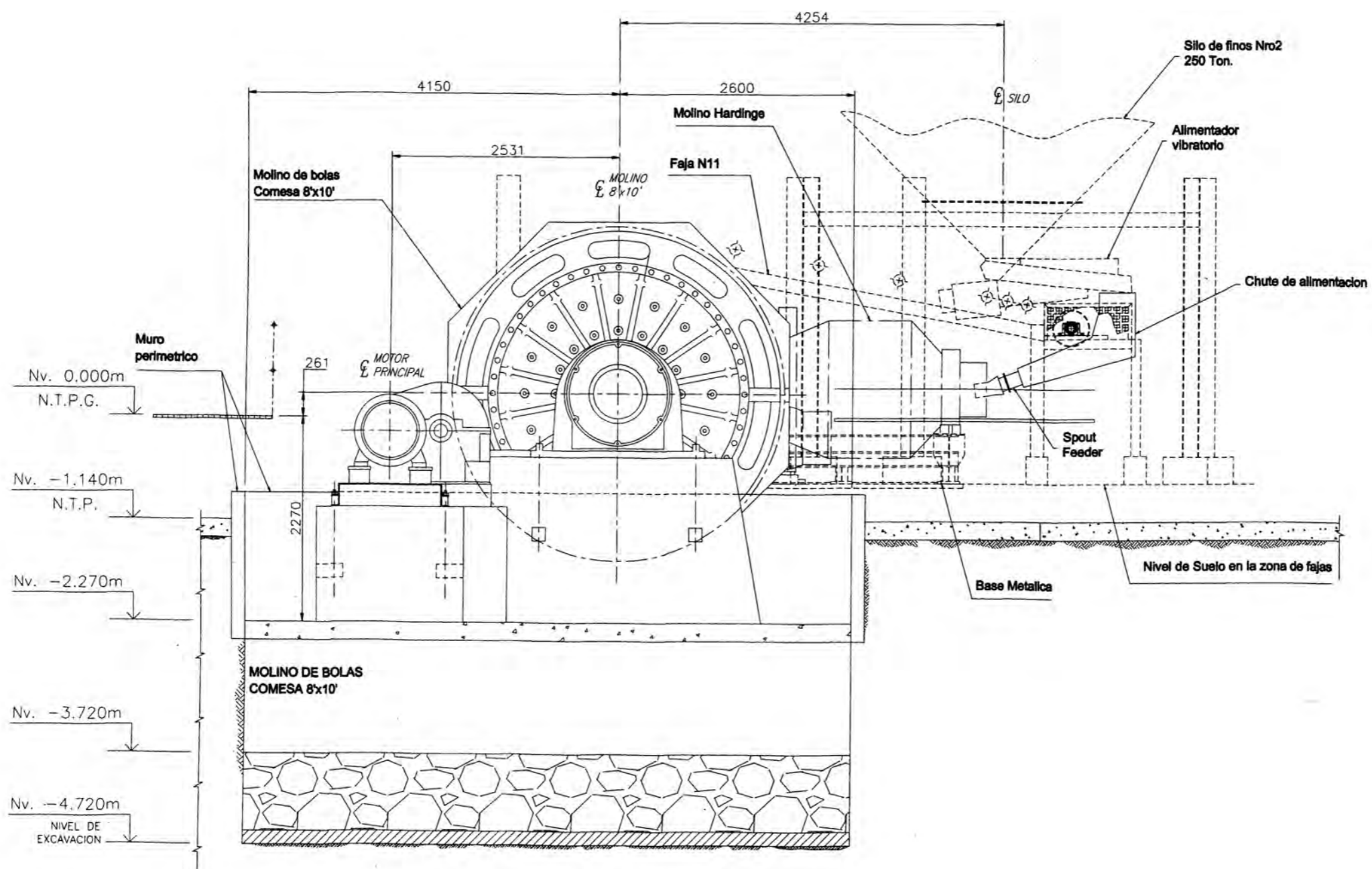
REVISIONES				
N°	FECHA	DESCRIPCION	EMS	V/B

OBSERVACIONES		NÚMERO	TÍTULO
1- DIMENSIONES EN MILIMETROS, SALVO INDICACION CONTRARIA			

RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA

PROPOSITO DE CARGAS		CLIENTE:	
(A) PRELIMINAR	<input type="checkbox"/>		
(B) PARA CONOCIMIENTO	<input type="checkbox"/>		
(C) P/COMENTARIO/APROBACION	<input type="checkbox"/>		
(D) APROBADO	<input checked="" type="checkbox"/>		
(E) PARA COTIZACION	<input type="checkbox"/>		
(F) EMITIDO P/CONSTRUCCION	<input type="checkbox"/>		
(G) EMITIDO P/COMPRA	<input type="checkbox"/>		

TÍTULO:		CLIENTE:
INGENIERIA DE DETALLE PARA MONTAJE DE MOLINO DE BOLAS COMESA 8'x10' ARREGLO GENERAL-VISTA DE PLANTA		
PLANO N°:		
REV		



REVISIONES				
Nº	FECHA	DESCRIPCION	EMS	Y/E

OBSERVACIONES	
1- DIMENSIONES EN MILIMETROS, SALVO INDICACION CONTRARIA	

NÚMERO	TÍTULO

RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA

PROCESO DE ELABORACION	
(A) PRELIMINAR	<input type="checkbox"/>
(B) PARA CONOCIMIENTO	<input type="checkbox"/>
(C) P/COMENTARIO/APROBACION	<input type="checkbox"/>
(D) APROBADO	<input checked="" type="checkbox"/>
(E) PARA COTIZACION	<input type="checkbox"/>
(F) EMITIDO P/CONSTRUCCION	<input type="checkbox"/>
(G) EMITIDO P/COMPRA	<input type="checkbox"/>