



UNIVERSIDAD ACADEMIA DE HUMANISMO CRISTIANO
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
INGENIERIA DE EJECUCION EN GESTION AMBIENTAL

**“EVALUAR Y PROPONER LA DISMINUCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN
LA PLANTA DE CHANCADO SECUNDARIO-TERCIARIO EN DIVISIÓN EL
TENIENTE DE CODELCO CHILE”**

Alumnos: Moraga Avila Pedro Eugenio
Rivera Pavez Luis Eduardo
Soto Contreras Miguel Angel

Profesor Guía: Silva Diaz Teresa

Tesis Para Optar al Título de Ingeniero de Ejecución en Gestión Ambiental

SANTIAGO
2010

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES GENERALES	3
3. MARCO TEORICO	20
4. CONTEXTO DE ESTUDIO	26
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	43
6. PREGUNTA DE INVESTIGACION	46
7. OBJETIVOS	47
8. ESTADO DEL ARTE	49
9. DISEÑO METODOLOGICO	88
10. RESULTADOS	115
11. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES	122
12. PROPUESTA	138
13. BIBLIOGRAFIA	141

1. INTRODUCCION

La Actividad económica más importante de nuestro país es la Minería de Cobre. Chile, es el principal productor del orbe, concentrando cerca del 35% de la producción mundial. El Estado, tiene participación directa en esta actividad productiva a través de La Corporación Del Cobre, Codelco Chile, la que esta compuesta 7 Divisiones, que son: Codelco Norte, Mina Ministro Hales, Salvador, Ventanas, Andina, Casa Matriz y El Teniente.

La extracción de esta valiosa materia prima, constituye el principal ingreso de recursos que dispone el país para su desarrollo, sin embargo, este proceso conlleva a que el sector minero sea fuente de las críticas sobre las externalidades negativas que se generan en sus procesos, ya que efectivamente provoca sobre agua, aire y suelos un impacto negativo, además de un uso intensivo de recursos naturales para el desarrollo de sus operaciones y la constante explotación de un recurso natural no renovable. Además, por constituir una actividad extractiva genera una gran cantidad de residuos dentro de gran parte de sus etapas de proceso. Asimismo, la experiencia dice que los avances científicos respecto de la minería han sido funcionales a la rentabilidad económica que las empresas puedan tener sobre los recursos y no en función de cuidar el medio ambiente. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta actividad ha sido también una fuente

de preocupación para generar propuestas de mejora sobre el tema Ambiental, realizando inversiones para la disminución y/o control del impacto, adoptando políticas corporativas de medio ambiente y creando instancias internas para ocuparse del tema todo esto desde el año 1992 aproximadamente.

En las distintas etapas del proceso minero, existen importantes impactos ambientales y por ello cada estudio que al respecto se realice, busca minimizar dichos impactos. Así el presente trabajo se encauza en identificar en una parte del proceso productivo, un hecho Ambiental, como poder conocerlo y en lo posible mitigarlo y disminuir sus efectos. El estudio se refiere a las emisiones de material particulado de la planta de Chancado Secundario-Terciario de la División El Teniente de Codelco Chile. Para ello, se ha considerado una comparación de los niveles de material particulado emitidos en la planta antigua, con los emitidos en la planta que se encuentra actualmente en desarrollo, esto se llevó a cabo mediante la realización de mediciones de dicho material, en aquellos casos en que el presupuesto asignado lo permitía, y mediante la aplicación de factores de emisión internacionalmente reconocidos y que han utilizados y validados por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Salud, como una herramienta válida para la elaboración de diversos inventarios de emisiones atmosféricas dentro de Chile.

2. ANTECEDENTES GENERALES

Antecedentes Históricos.

El yacimiento El Teniente, fue explotado por los indígenas desde antes de la conquista española. En el siglo XIX, comenzó a conocerse como Mina El Teniente, posiblemente por haber sido su propietario el militar Don Juan de Dios Correa¹. Este hombre de negocios hizo sostenidos esfuerzos por explotar el yacimiento en forma industrial, debiéndolo abandonar al agotarse los minerales de alta ley.

A principios del siglo XX, se da comienzo a la explotación moderna y sostenida, gracias a los esfuerzos del norteamericano William Braden, quien logra interesar capitales norteamericanos formando la Braden Copper Company. Por Decreto del 29 de Abril de 1905 del Ministerio de Hacienda que lleva la firma del entonces Presidente de la República Don Germán Riesco, se autoriza a la Braden Copper Company a explotar el mineral, con este Decreto Braden en conjunto con los trabajadores norteamericanos y chilenos inicia los trabajos de instalación de faenas, las que culminaron en el mes de Junio de 1906, con la producción del primer concentrado en EL MOLINO que posteriormente se transformaría en el Campamento Sewell. A partir de ese momento la mina El Teniente comenzó su

¹ Barros Mansilla, María Celia. *El Teniente: los hombres del mineral: 1905-1945. 1ª edición. Santiago: Codelco, 1995. 2 v.*

explotación industrial a cargo de la Braden Copper Company, la que posteriormente en el año 1915 se convirtió en subsidiaria de la Kennecott Copper Corporation de los Estados Unidos.

Fundamento Legal en la creación de La Corporación Del Cobre.

El Decreto Ley 1.350 creó el 30 de Enero de 1976 la Corporación Nacional del Cobre de Chile, la que inició sus operaciones el 1 de Abril de ese mismo año, como una empresa que pasa a ser propiedad del Estado chileno, minera, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

El Directorio de Codelco está compuesto por nueve integrantes designados de acuerdo a normas establecidas. Tres directores nombrados directamente por el Presidente de la República; cuatro directores designados a partir de una quina seleccionada por el Consejo de la Alta Dirección Pública; un director escogido a partir de una quina presentada por la Federación de Trabajadores del Cobre (FTC), y un director elegido de una quina presentada, en conjunto, por la Federación de Supervisores del Cobre (FESUC) y la Asociación Nacional de Supervisores del Cobre (ANSCO).²

² Ley N° 20.392, promulgada el 4 de noviembre de 2009:

Proceso de Nacionalización del cobre.

El Cobre, principal riqueza y recurso de exportación chileno, ha sido la "viga maestra" de nuestra economía en el siglo XX. Los antecedentes señalan que desde 1905, los principales yacimientos cupríferos eran explotados por capitales norteamericanos, constituyendo verdaderos enclaves dentro del territorio nacional. La relación entre estas empresas y el Estado chileno, estuvo marcada desde la segunda mitad del siglo, por sucesivas controversias relacionadas con aumentos de impuestos, el precio del cobre y las inversiones.

Al comenzar la década de los 60, el surgimiento de ideas reformistas y revolucionarias en América Latina, instalaron en la opinión pública nacional el tema de la recuperación de las riquezas básicas, cobrando fuerza los postulados de la nacionalización. Un primer paso en este proceso lo constituyó la llegada al Gobierno de Eduardo Frei Montalva y su programa reformista de la "revolución en libertad", cuya línea económica proponía un conjunto de reformas estructurales, destacando una nueva política cuprífera conocida como la chilenización del cobre (1964).

La chilenización del cobre se refiere a los efectos de la Ley N° 16.425 de 1967 promulgada en la Presidencia de Eduardo Frei Montalva en la minería del cobre

en Chile. La chilenización consistió en la adquisición por parte del Estado de un porcentaje de acciones de las grandes compañías mineras a través de lo que se llamó contratos ley y luego la nacionalización pactada (1969) que fue el proceso ideado y encabezado por el Ministro de Minería Alejandro Hales Jamarne, que culminó con la compra de la mayoría de las compañías y su control por el Estado de Chile. Derivó posteriormente en la nacionalización y estatización de la gran minería del cobre el 11 de julio de 1971 por la Ley N° 17.450 durante la Presidencia de Salvador Allende.

Esta acción permitió la intervención chilena en la propiedad y dirección de la gran minería mediante la asociación con el capital extranjero; asimismo, proponía un aumento sustancial de la producción mediante fuertes inversiones y la refinación completa del cobre en nuestro territorio (1966). En plena marcha de este proceso, el alza del precio del metal y las altas utilidades de las corporaciones norteamericanas, reavivaron en la opinión pública el debate sobre una nacionalización total, obligando al Gobierno a poner en marcha la llamada nacionalización pactada.

De esta manera, al finalizar el gobierno de Eduardo Frei Montalva, el camino a la nacionalización integral de la gran minería del cobre quedó abierto, y fue recogido por las candidaturas presidenciales de Radomiro Tomic y de Salvador Allende. El triunfo del candidato de la Unidad Popular puso en marcha un inmediato proceso

hacia la nacionalización y estatización de la gran minería del cobre. Este proceso culminó el 11 de julio de 1971, cuando el Congreso Nacional aprobó, con muy pocas modificaciones y por votación unánime, la enmienda constitucional que hizo posible la nacionalización total del cobre. El mismo día, por la tarde, en una multitudinaria concentración en Rancagua, el presidente Salvador Allende se dirigió al país señalando que Chile va nacionalizar el cobre en virtud de un acto soberano. Acto soberano que incluso está consagrado en las resoluciones de las Naciones Unidas, que establecen que los países tienen derecho a nacionalizar sus riquezas básicas.

Estructura Organizacional de la Empresa.

La estructura organizacional de la División El Teniente es la siguiente:

- Gerencia General
- Sub.-Gerencia General
- Gerencia de Minas
- Gerencia de Plantas
- Gerencia Fundición
- Gerencia de Servicios
- Gerencia de Desarrollo Sustentable.
- Gerencia Planificación y Servicios a Terceros.

- Gerencia de Riesgos Ambiente y Calidad
- Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollos
- Gerencia de Proyectos
- Gerencia de Desarrollo Humano

Cada Gerencia funciona de forma independiente pero con el mismo objetivo, que es mantener a Codelco Chile como empresa como una de las más grandes y eficientes del mundo.

Así mismo dentro de la Gerencia de Planta existen las siguientes Superintendencias:

- Superintendencia Procesos SAG.
- Superintendencia Procesos Convencional.
- Superintendencia Procesos Relaves.
- Superintendencia Planta de Productos Comerciales.
- Superintendencia Gestión de Inversión Planta.
- Gestión Operativa.
- Unidad Control y Automatización Procesos.
- Superintendencia Mantenimiento.

Política Ambiental.

CODELCO-CHILE División El Teniente, empresa de la gran minería del cobre y subproductos cuyas operaciones se remontan a los inicios del siglo pasado, reconoce sus responsabilidades respecto a la preservación del Medio Ambiente, y considerando su inserción en una importante región agrícola y urbana, se compromete a actuar sistemática y progresivamente para reducir el impacto ambiental de las actividades, evitando efectos adversos sobre sus trabajadores, clientes, colaboradores, comunidad y el Medio Ambiente. Para ello, la Empresa establece y mantiene un Sistema de Gestión Ambiental, que inspirado en la Política Corporativa de Gestión Ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional, su misión y los valores compartidos, se rige por los siguientes principios:

- Evaluar los impactos y riesgos ambientales de sus proyectos e inversiones.
- Atender las preocupaciones ambientales de la comunidad, generadas por sus actividades, productos y servicios.
- Usar eficientemente los recursos hídricos y energéticos, reciclar materiales donde sea posible y disponer adecuadamente los residuos.
- Impulsar la capacitación, participación y apoyo de sus trabajadores y colaboradores para el mejoramiento ambiental de los procesos y prácticas.
- Incorporar gradual y progresivamente tecnologías y prácticas de trabajo para disminuir y en lo posible eliminar, los impactos ambientales adversos y

asegurar el cumplimiento de las regulaciones y de otros compromisos ambientales suscritos por la División y la Corporación.

- Establecer anualmente objetivos y metas ambientales para avanzar en el continuo mejoramiento de su desempeño ambiental.
- Comunicar periódicamente a su personal los principales resultados alcanzados con el propósito de educar, motivar y apoyar el mejoramiento de su desempeño ambiental.

La materialización de estos principios en el marco del desarrollo sustentable, enfrenta a la Empresa al desafío de equilibrar el logro de su misión, el continuo mejoramiento de su desempeño ambiental y su disponibilidad de recursos.

Producción de Cobre de Codelco Chile.

La empresa controla alrededor del 20% de las reservas mundiales de este elemento metálico. La Corporación posee activos totales por 16.039 millones de dólares y un patrimonio cercano a los 5.309 millones de dólares (diciembre 2009).³

En los últimos años CODELCO generó más del 22% de las exportaciones de Chile⁴ y alrededor del 3% del Producto Interno Bruto.

³ <http://www.codelco.cl/desarrollo/reporte/2009/pdf/reporte2009.pdf>

⁴ http://www.df.cl/portal2/content/df/ediciones/20100223/cont_134323.html

Desde los puertos chilenos envía sus productos a unos 250 clientes esparcidos en todo el planeta, en especial el cátodo grado A con una pureza de 99,99 % de cobre.

LOCALIZACION CODELCO CHILE DIVISION EL TENIENTE.

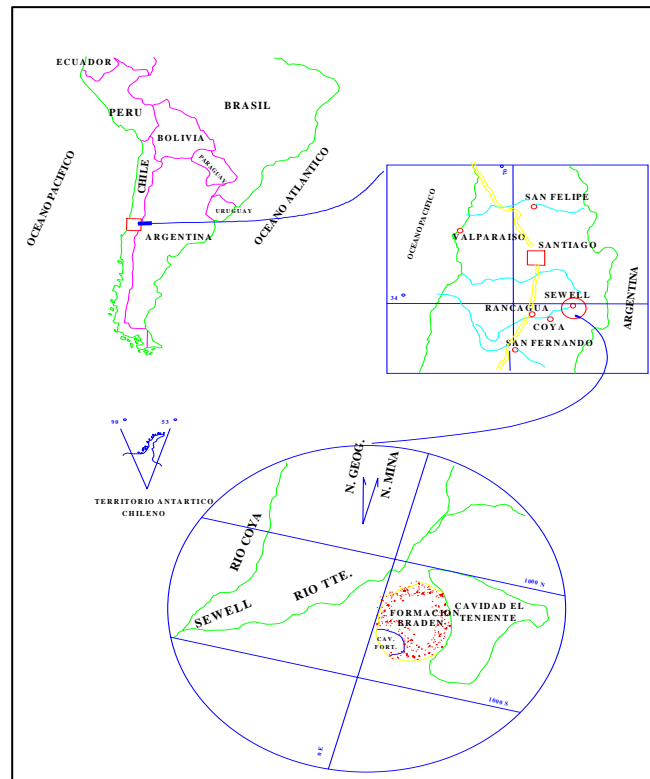


Fig. 1. Ubicación geográfica de mina El Teniente.

Antecedentes Geográficos División El Teniente.

El Teniente, es un yacimiento de tipo pórfido cuprífero desarrollado por intrusivos calcoalcalinos en rocas volcánicas terciarias, asignadas a la formación Farellones.

Dada su forma aproximadamente vertical y su profundidad, además de

consideraciones climáticas, el yacimiento se explota en forma subterránea. Los minerales económicos presentes son predominantemente sulfuros de cobre, razón por la cual el principal proceso metalúrgico de extracción se realiza mediante concentración por flotación.

El yacimiento se presenta de forma irregular, aproximándose en planta a una forma triangular, alargándose hacia el norte (Pórfido Teniente), y se extiende hacia el sudeste dentro de la Diorita Sewell. En su desarrollo vertical tiene la forma de un cilindro, con una longitud de 2.5 a 3 Km., un ancho de 1.5 Km. En su parte más extensa, y una extensión en profundidad mayor a 1 Km. La zona central del yacimiento está constituida por una brecha parcialmente mineralizada, denominada Chimenea Braden, la cual posee una forma de cono invertido de aproximadamente 1 Km. de diámetro. Esta chimenea volcánica o pipa posee cierto grado de importancia económica, a pesar de que se trataría de un evento post-mineralización que destruyó gran parte de esta. Como consecuencia de su ubicación estratégica, dimensión y estabilidad, la Chimenea Braden se utiliza para construir dentro de ella la mayoría de las instalaciones de infraestructura permanente tales como oficinas, talleres mecánicos, salas de chancado, piques de acceso y servicio, entre otras instalaciones.

La mina se explota por hundimiento de bloques por lo que se deben desarrollar diversos niveles para la extracción del mineral, los niveles comienzan desde el

nivel Teniente 1 (cota 2630 m.s.n.m.) hasta el nivel Teniente 8 (cota 1980 m.s.n.m).

Etapas de Producción División El Teniente.

El yacimiento minero El Teniente contempla 3 fases productivas: Mina, Planta y Fundición. Sus principales productos son el Concentrado de Cobre, Concentrado de Molibdeno, Cátodos, RAF y Ánodos y como subproducto se tiene ácido sulfúrico.

La División produce cerca de 406.000 toneladas métricas finas anuales de cobre que se procesan en el mismo complejo minero y luego se envían a la fundición Caletones, donde se obtiene el producto final de lingotes refinados a fuego (RAF), y ánodos de cobre. Como resultado del procesamiento del mineral también se obtienen 4.720 toneladas métricas de molibdeno y más de 800.000 toneladas de ácido sulfúrico al año.

Proceso Productivo División El Teniente.

El proceso productivo del complejo industrial El Teniente, comienza con la extracción de la roca mineralizada y finaliza con el moldeo de ánodos de cobre, se desarrolla a través de 3 etapas estratégicas fundamentales: Extracción,

concentración y fundición-refinación, en la figura N° 2 Se representa la ubicación de las instalaciones del complejo industrial de la mina El Teniente.



Fig. 2: Ubicación de las instalaciones del complejo Industrial mina El Teniente.

Proceso de Extracción División El Teniente.

El proceso de extracción en la mina El Teniente (fig. 3) se realiza esencialmente a través de métodos de hundimiento, Block Caving o Panel Caving, con sus respectivas variantes. La roca quebrada por el hundimiento cae a través de piques hasta llegar a los niveles de transferencia, desde donde es llevada a superficie a las plantas concentradoras de Sewell o Colón, de la División El Teniente.

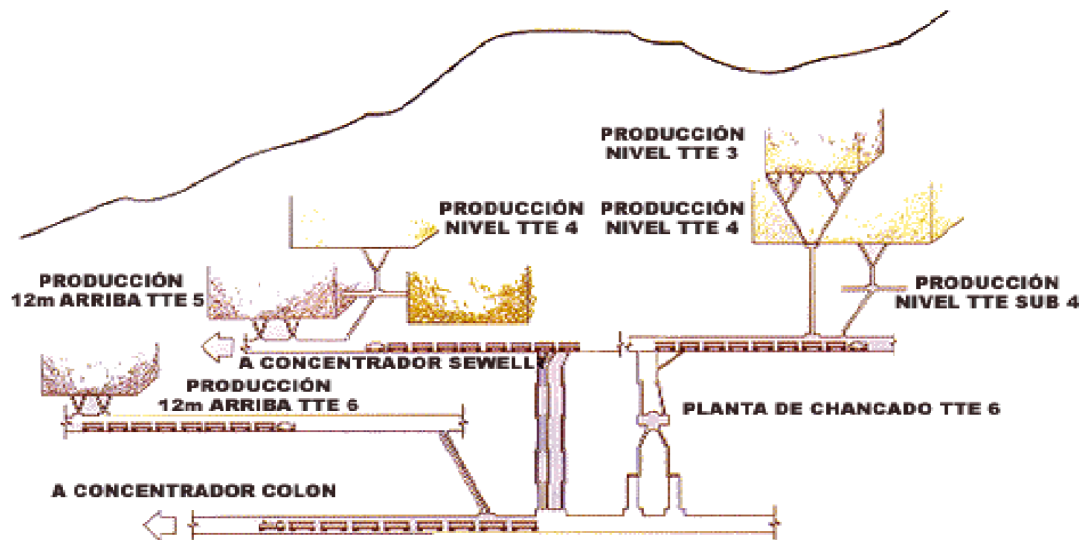


Fig. 3: Flow Sheet del proceso de Extracción de Mina El Teniente.

Proceso de Concentración División El Teniente.

La planta concentradora de Sewell recibe diariamente alrededor de 20.000 toneladas métricas de mineral, mientras que la planta de Colón procesa alrededor de 75.000 toneladas diarias.

El mineral entrante pasa a través de chancadores primarios y secundarios que lo reducen primero a trozos y después al tamaño de rípios, con diámetro aproximado de media pulgada. Se agrega agua, y luego el mineral convertido en pulpa, pasa a través de molinos rotatorios, donde es pulverizado hasta alcanzar granulometría de arena fina. Esta pulpa se mezcla entonces con reactivos y es bombeada hacia las celdas de flotación, se inyecta aire a los tanques, se mezcla la pulpa con los

reactivos y se agita, creando burbujas que atraen las partículas de mineral tratadas con reactivos, separándolas del estéril al hacerlas flotar hacia la superficie de las celdas, donde se forma una espuma con una mezcla enriquecida de cobre y molibdeno. En el paso siguiente, se recupera el molibdeno, dejando un concentrado de 32% de cobre con contenido de humedad de 40%. Este nivel de humedad, posteriormente se reduce al 8% en una planta que incorpora las funciones de espesador, filtro y secado de concentrado.

DIAGRAMA DEL PROCESO DESDE EXTRACCION HASTA EL CONCENTRADO DE COBRE

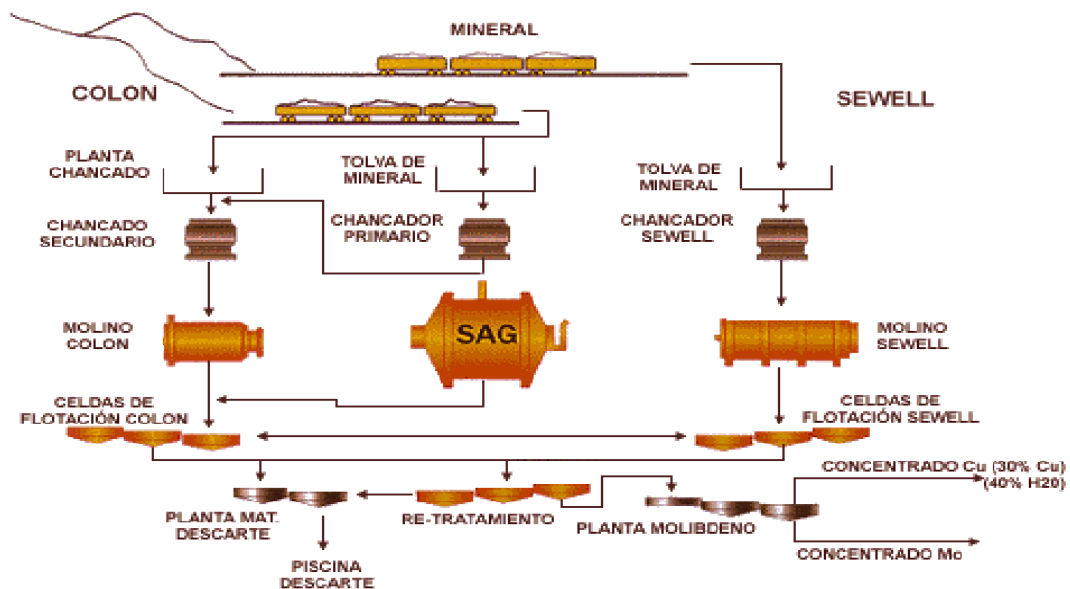


Fig. 4: Flow Sheet del proceso de Concentración Mina El Teniente.

Proceso de Fundición y Refinación División El Teniente.

La Fundición y Refinación del concentrado se llevan a cabo en la Fundición Caletones de la División. La primera etapa del proceso consiste en trasladar un 40% del concentrado desde las celdas de flotación y hacerlo llegar al horno reverbero, en cuyo interior se funde a temperaturas superiores a los 1.200° C. Mientras el concentrado se convierte en una masa líquida fundida, sus componentes se van separando y recombinándose, formando un baño de dos capas. La capa más pesada se llama eje o mata y es un compuesto de sulfuros y hierro, con un contenido de 50 % a 55% de cobre, encima flota la escoria, que corresponde a una costra de impurezas con un 0.8% de cobre, finalmente se extrae y se descarta la escoria, dejando el eje en el fondo del horno, para ser extraído y enviado a la próxima etapa del proceso de purificación, en los convertidores Teniente. Mientras se calienta el eje en los convertidores, el saldo de concentrado de cobre recuperado desde las celdas de flotación (60% del total) se procesa en secadores de lecho fluido hasta llegar a un contenido de humedad de sólo 0.2%. El concentrado es luego inyectado con chorros de aire enriquecido con oxígeno a los convertidores, para estimular la oxidación de las impurezas en una reacción continua que se sostiene con su propio calor. Una ligera costra de óxidos de hierro e impurezas se forma nuevamente, la que se vierte y recicla en el

horno reverbero, para después ser enviado a un horno de limpieza de escoria para así recuperar su contenido de 10% de cobre. El compuesto de elementos fundidos que emerge finalmente desde los convertidores Teniente se llama metal blanco. Consiste en sulfuros, un pequeño porcentaje de hierro y 75% de cobre, que se envían a los convertidores convencionales Pierce-Smith, donde se sopla aire comprimido. En la reacción resultante, la mayor parte de los sulfuros y el hierro se oxidan, generando cobre blister, con una pureza de 99.2% de cobre metálico. En el último paso de la refinación a fuego, se procesa el cobre blister en hornos basculantes agregando agentes purificadores especiales que se llaman fluidificantes para que se oxide una vez más, esta vez para eliminar del blister toda impureza, quedando sólo una fracción muy reducida de elementos no deseados, tales como plomo, hierro, bismuto, níquel, arsénico, antimonio, azufre, selenio y Teluro. Luego se extrae el oxígeno con inyecciones de vapor o aceite, con el resultado final de un cobre con un nivel de pureza mínima de 99.9%. Todo lo que resta hacer, es verter el metal en un molde y dejar que se solidifique, formando lingotes que pesan aproximadamente 23 kilogramos cada uno.

DIAGRAMA DE PROCESO DE FUNDICIÓN Y REFINADO

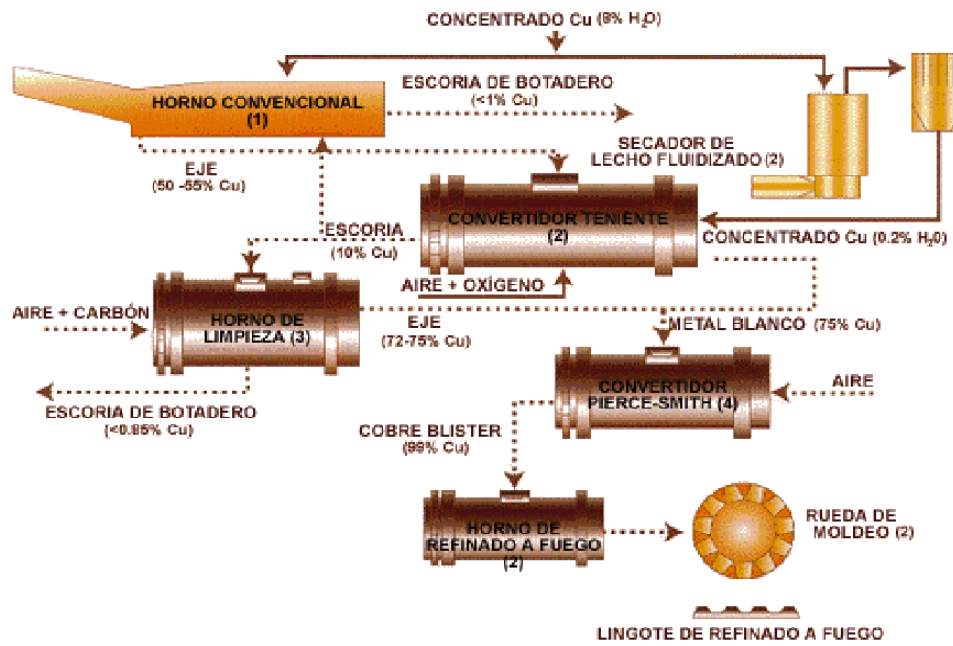


Fig. 5: Diagrama de flujo del proceso de fundición-refinación.

3. MARCO TEORICO

Marco Legal.

Así como la Actividad Minera se encuentra regulada en su proceso extractivo, esto también ha ido acompañado de un marco legal que permite tanto la regulación de actividades, de la seguridad y del impacto ambiental.

Al respecto, es importante reconocer que existe una significativa cantidad de leyes sectoriales que regulan los diversos aspectos que se generan en la producción del Cobre, y en este caso de estudio en la División El Teniente.

Tal como se señalara, el impacto que ésta actividad genera en el medio ambiente natural, provoca un deterioro intrínseco a la actividad, por ello es que surge necesario la búsqueda de constantes soluciones y/o medidas que permitan mitigar o compensar estos efectos en el medio natural. Por ello, el presente estudio busca identificar una etapa, un espacio y en definitiva un problema, para estudiarlo y al menos generar lineamientos de solución a alguna de las problemáticas ambientales que se encuentran presentes en la actividad.

Uno de los mayores impactos negativos, es la contaminación ambiental que se genera en las distintas etapas de los procesos productivos y se define cuando uno o más elementos que están presentes en el aire, y según el grado de concentración sean nocivos y perjudiquen la salud, el bienestar humano y el medio

ambiente. Se entenderá entonces que contaminante está definido como una sustancia química, sus compuestos o derivados, agentes físicos y biológicos que al adicionarse al aire pueden alterar o modificar sus características naturales o las del ambiente (Referencia Resolución N° 1215 MINSAL. Normas Sanitarias Destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica.)

Los valores límites de exposición en los lugares de trabajo están regidos a través de un marco regulatorio, con la finalidad de minimizar o reducir el riesgo sobre la salud de los trabajadores. La legislación Nacional a que se hace referencia a continuación, establece los límites máximos permisibles para los contaminantes sílice de cuarzo cristalizada, arsénico y material particulado, además de regular las emisiones a la atmósfera de los equipos de control y captación de material particulado. Al respecto se mencionan los artículos más relevantes para el estudio, dejando establecido en los anexos, los capítulos con las normativas legales que son atinentes.

Constitución Política De La República De Chile 1980. Capítulo III
DE LOS DERECHOS Y DEBERES CONSTITUCIONALES

Artículo 19.- La Constitución asegura a todas las personas:

8°.- El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la

naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente;

Decreto Supremo 594/99.

Ministerio de Salud que aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Mínimas en los Lugares de Trabajo, establece en el Párrafo 2 “DE LOS CONTAMINANTES QUIMICOS” Artículos del 59 al 66:

...”condiciones generales y específicas aplicables a la contaminación por polvo en su fracción respirable, sílice cristalizada de cuarzo y condiciones de ventilación. Además de las disposiciones generales, la ley establece que en los lugares de trabajo deberán proporcionarse por medios naturales o artificiales una ventilación que contribuye a proporcionar condiciones ambientales confortables que no perjudiquen la salud de los trabajadores. Si existiesen estos contaminantes que perjudiquen la salud de los trabajadores, se deben captar en su origen e impedir su dispersión por el lugar de trabajo además de impedir que sobrepasen el Limite Permisible Ponderado (LPP)...”

Este cuerpo legal establece los límites permisibles ponderados a los que se pueden someter los trabajadores durante una jornada de trabajo. Estos límites no podrán exceder la presencia de los químicos contaminantes durante la jornada de trabajo (8 horas) o durante la semana laboral de 45 horas semanales. El promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos no

podrán superar los LPP (Límites Permisibles Ponderados), estos límites se pueden exceder momentáneamente pero no deben superar en cinco veces el valor de LPP y tales excesos no podrán repetirse más de cuatro veces dentro de la jornada diaria ni más de una vez en una hora. A continuación se expone en la Tabla N° 1 Art. 66 Límites Permisibles Ponderados para las concentraciones ambientales de:

SUSTANCIA	LÍMITE PERMISIBLE PONDERADO		OBSERVACIONES
	ppm	mg/m ³	
Sílice Cristalizada Cuarzo	N/A	0,08	4
Polvos no clasificados (fracción respirable)	N/A	2,4	4
Polvos no clasificados (Total)	N/A	8	3
3: Polvo exento de Asbesto y con menos de 1% de Sílice Cristalizada Libre			
4: Fracción Respirable			

Tabla N° 1: Artículo 66 Decreto 594/99.

Por ser estas sustancias las de mayor impacto en el medio ambiente y en el ser humano, son los contaminantes de los cuales se lleva mayor registro en las instalaciones de la zona de estudio. Y, por ello, es posible inferir que dichos valores son la base para establecer el nivel de contaminación de material particulado presente en el área de estudio.

Así, en adelante, el material particulado en suspensión, está referido y medido en función a esta sustancia: Polvo de Sílice Cristalizada.

Decreto Supremo N° 185/91.

Ministerio de Minería. Reglamenta el funcionamiento de los establecimientos emisores de Anhídrido Sulfuroso, material particulado y Arsénico en todo el territorio de la República y establece normas primarias y secundarias de calidad del aire para material particulado respirable y Anhídrido Sulfuroso. Norma Primaria de Calidad del aire para: Material Particulado respirable: ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal (150 mg/Nm^3) como concentración media aritmética diaria 24 horas.

El Decreto Supremo N° 45/01.

Establece la norma anual para MP10. Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMPR, sea mayor o igual a $150 \text{ ug/m}^3\text{N}$. Asimismo, se considerara superada la norma, si antes que concluyese el primer periodo anual de mediciones certificadas por el Servicio de Salud competente se registrase en algunas de las estaciones de monitoras de material particulado respirable MP10 clasificada como EMPR, un número de días con mediciones sobre el valor de $150\text{ug/m}^3\text{N}$ mayor que siete.

A contar del día primero de enero del año 2012, la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP10, será de ciento

veinte microgramos por metro cúbico nominal ($120 \text{ ug/m}^3 \text{ N}$) como concentración de 24 horas, salvo que a dicha fecha haya entrado en vigencia una norma de calidad ambiental para Material Particulado Fino MP 2.5 en cuyo caso se mantendrá el valor de la norma establecido en el inciso primero.

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP10, es cincuenta microgramos por metro cúbico normal ($50 \text{ ug/m}^3 \text{ N}$) como concentración anual. Se considerará sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de 3 años calendarios consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea igual o mayor que $50 \text{ ug/m}^3 \text{ N}$. Cualquier modificación a esta norma, corresponde a las enunciadas en el Decreto Supremo número 592 del año 1998, se establecen los requerimientos necesarios para la elaboración del marco legal sustentable que regirá para la aplicación de las leyes que se requiere en la calidad o las normas de calidad ambiental para la Planta de Chancado Secundario Terciario. Las autoridades competentes en la fiscalización de los monitoreos de la calidad del aire para las normas primarias son:

Servicio de Salud del Libertador General Bernardo Ohiggins.

Seremi Medio Ambiente Libertador General Bernardo Ohiggins.

4. CONTEXTO DEL ESTUDIO

Planta de Chancado Secundario-Terciario

El Proceso de Chancado Secundario-Terciario de la División tiene como objetivo reducir el tamaño del mineral según las necesidades del cliente (molienda), considerando los estándares de calidad, presupuesto y planes de producción, como así también respetando las Políticas Divisionales.

En este proceso el tamaño del mineral es reducido generalmente desde 7 u 8 pulgadas a un tamaño menor o igual a $\frac{1}{2}$ pulgada, este es el chancado secundario y cuando la roca pasa a un tamaño menor o igual a $\frac{1}{2}$ pulgada se denomina chancado terciario. Para lograr la distribución de tamaño deseado en este proceso, se utiliza la combinación de estas dos etapas en línea, denominadas Chancado Secundario y Chancado Terciario.

Los Chancadores son alimentados por la parte superior y descargan el mineral triturado por su parte inferior, a través de una abertura graduada (Setting) de acuerdo al tamaño requerido; el producto final es seleccionado en harneros, los que mediante vibración y selección adecuada de las mallas evacuan el mineral con las características requeridas. Todo el manejo del mineral en la Planta se realiza mediante correas transportadoras, desde la alimentación hasta la entrega del mineral Chancado al Proceso Convencional Molienda.

El proceso comienza en el buzón de gruesos que corresponde a la tolva donde es descargado el mineral proveniente del chancador primario de la superficie. Desde este buzón de acopio, el mineral es descargado mediante maquinas vibradoras y alimentadores de correas a 3 líneas de transporte de mineral, que llevan éste a la etapa de Chancado Secundario. En esta etapa, el mineral es clasificado mediante harneros y lo que es rechazado por el harnero, es triturado en el respectivo Chancador Secundario de la línea. Una vez que el mineral es triturado, se junta nuevamente con el material que fue clasificado como fino en la etapa de harneado primario, para ser trasportado a la tolva de mineral BN04, la cual consta de un carro tripper llamado Carro Correa CV103, el que reparte la carga en 8 buzones de aproximadamente de 800 toneladas cada uno.

En esta etapa, nuevamente se saca el mineral de la tolva mediante alimentadores de correa (8 en total), los cuales envían el material a otra etapa de harneado, siendo finalmente lo clasificado, es decir, lo que mide igual o menos a $\frac{1}{2}$ pulgada enviado a un buzón denominado BN05 con una capacidad aproximada de 700 toneladas. Lo rechazado por el harnero es recirculado y enviado a un buzón intermedio de mineral de aproximadamente 2000 toneladas vivas, donde se reparte en 8 buzones mediante un carro tripper denominado Carro 208, desde donde nuevamente mediante alimentadores de correa sacan el mineral de este buzón y es enviado a la etapa de Chancado Terciario. El tamaño del mineral que

es enviado al proceso de Chancado Terciario tiene un tamaño mayor a ½ pulgada y menor a 4 pulgadas. En la etapa de Chancado Terciario el mineral nuevamente es triturado por los chancadores (8 en total) debiendo ser su producto final menor o igual a ½ pulgada. El material con tamaño menor a ½ pulgada es enviado a la tolva BN04 y es nuevamente clasificado y recirculado si no cumple con las condiciones requeridas.

El mineral que fue clasificado y acopiado en la tolva BN05, es retirado por 4 alimentadores de correas, los cuales descargan el mineral a las correas que transportan este a la etapa de molienda convencional o a la molienda autónoma. Si el mineral es transportado a la etapa de molienda convencional, es acopiado en un buzón de 45.000 toneladas vía un carro repartidor, que distribuye el mineral en 12 buzones, uno por cada molino, y si el mineral es enviado a la etapa de molienda unitaria, es acopiado en un buzón de 5.600 toneladas y este es retirado mediante 6 alimentadores de correas que llevan el mineral al único molino existente en esta parte para su procesamiento.

Mediante el proceso de molienda, se continúa reduciendo el tamaño de las partículas que componen el mineral, para obtener una granulometría máxima de 180 micrones (0,18 mm.) aproximadamente, la que permite finalmente la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales.

Del total de material que llega diariamente a la planta aproximadamente un 10% vuelve a ser procesado con el fin de cumplir con la granulometría que requiere el proceso de molienda, el resto de material es enviado a los procesos, tanto de molienda unitaria como molienda convencional, por lo tanto, se considera que en el proceso de chancado no existen pérdidas de mineral.

INFRAESTRUCTURA DEL PROCESO DE CHANCADO.

La infraestructura de Planta, de la Unidad Proceso Chancado Secundario y Terciario cuenta con las siguientes áreas de trabajo.

Área Máquinas de Alimentación: Corresponde al sector de Máquinas Jeffrey, Skako y Alimentadores de correa, que proveen a las correas primarias con mineral desde las tolvas de material grueso proveniente de La Mina y Chancado Primario de Colón.

Estas correas receptoras son las primeras en alimentarse de mineral de todo el proceso de Chancado, se sitúan en la primera línea de producción y constituyen estratégicamente el primer eslabón en la cadena de traspaso. El ancho de estas correas alimentadoras, son de 48" (cuarenta y ocho pulgadas) y están fabricadas en caucho termo fusionado de tres telas con un espesor de 1 ½" (una y media pulgada). Estas 3 líneas alimentadoras (correas 201-0, 201-1 y 201-2) tienen un largo aproximado de 250 metros de longitud.



Fig. 6: Área Maquinas de Alimentación.



Fig. 7: Descarga desde Alimentadores.

Área de Limpieza de la Carga (Sacapalos): Lugar donde se retiran los elementos no triturables desde las correas 202 (0-1 y 2) y se disponen en forma segregada en los contenedores de RISES, habilitados y señalizados conforme a los procedimientos pertinentes.



Fig. 8: Electroimán Área de Limpieza Sacapalos.



Fig. 9: Área de Limpieza Sacapalos.

Área Harneros Doble Parrilla: En este sector se produce la primera clasificación de la carga mediante tres harneros, uno por cada línea, los cuales separan el material grueso del fino. El material grueso proveniente de las líneas 1 y 2 es recepcionado en tolvas N° 1 y 2, mientras que el material fino llega a la correa N° 104, luego a la 105, posteriormente a la 106 y a continuación a la 102 y 103 para finalmente descargar en el buzón BN-04 en la planta de harneado terciario. El material grueso de la línea 0 es enviado directamente hacia el chancador STD 0, mientras que el material clasificado como fino llega a la correa N° 204-0 para volver a ser clasificado en un harnero HP0 (harnero primario).



Fig. 10: Planta de Harneado.

Área Piso Chancadores: Lugar donde se encuentran los Chancadores del proceso, 3 en la etapa secundaria y 8 en la etapa terciaria. En estos 11 Chancadores hay 2 de Marca Symond 370 HP y 9 de última generación marca Sandvik H-8000 de 800 HP, los cuales trituran la carga en un setting de 25 a 29 mm. que viene de las correas sacapalos. El material proveniente de las tolvas N° 1 y 2 llega hasta las correas N° 204-1 y 2, para ser procesado en los chancadores STD 1 y 2.

El material de las líneas 1 y 2 proveniente del proceso de Chancado Secundario, es transportado mediante una serie correas hasta el proceso de harneado. Mientras que el material de la línea 0 que sale del chancador secundario, pasa directamente a un Harnero Estándar, donde es clasificado como grueso y fino. El material grueso llega a través de correas hasta el proceso de Chancado Terciario, mientras que el material clasificado como fino se encuentra finalmente en condiciones de ser enviado hasta el buzón de finos.



Fig. 11: Piso Chancadores.

Área Piso Bombas de Lubricación: Sitio en que se ubican los Sistemas de Lubricación de los Chancadores, estos sistemas cuentan con el respectivo estanque, bomba y sistema de enfriamiento, más los respectivos controles de los mismos.



Fig. 12: Piso Lubricación.



Fig. 13: Panel de Lubricación.

Área Piso Principal: Lugar en donde se ubica principalmente gran parte de la etapa de Chancado Terciario. Paralelamente en este lugar se ubican los sistemas de lubricación de los Chancadores Sandvik de la Planta, dos de la etapa Secundaria y dos de la etapa Terciaria. En otro sector de este mismo piso se ubica un lugar de almacenaje de repuestos y algunos lugares de trabajo específico, cambios de mantos corazas y otros. Este lugar es recorrido por una Grúa Puente de 45 toneladas para los trabajos de traslado de materiales como de desmontaje y montaje de chancadores y sus partes.



Fig. 14: Área piso principal.

Área Colectores de Polvo: En el área de Chancado secundario se ubican los colectores N° 1, 2 y 3, incluyendo sus sistemas de motrices e inyección de agua incorporado en estos los correspondientes elementos de control. En el área de Chancado Terciario se encuentran los colectores N° 4, 5, 6, 7 y 8, los colectores N° 10, 11, 12 y 13 se encuentran ubicados en el sector de Harneros Terciarios, el colector N° 16 se ubica en el sector de finos sobre la tolva BN-05 y finalmente los colectores N° 17, 18 y 19 se ubican en el sector del buzón de gruesos área de recepción del material.



Fig. 15: Área Colectores de Polvo Chancadores.

Área Correas Intermedias: Lugar donde se encuentra las correas N° 110, 111, 116 que transportan el mineral sobre tamaño de los harneros (líneas 1 y 2), estas correas entregan la carga a la correa N° 117, la que tiene como objetivo mediante un carro “triper” (repartidor) distribuir la carga en un buzón que alimenta a los 8 Chancadores Terciarios, cerrando de esta forma el circuito Terciario de la Planta.



Fig. 16: Área Correas Intermedia 110.

Área correas N° 209-1 hasta la 209-8: Estas correas se alimentan de carga del buzón intermedio y la vacían a los Chancadores Terciarios, tienen una velocidad variable dependiendo de la potencia tomada por los chancadores y/o parámetros que fije el Operador Control Plantas.



Fig. 17: Área correas N° 209-1 hasta la 209-8.

Área Finos: Lugar donde se ubican las correa N° 112 y 113 que transportan el mineral fino al buzón BN-05 (700 ton) el cual nutre a 8 alimentadores de correas teniendo dos opciones para descargar el material:

- La correa N° 115 y la 112, esta última transporta el mineral fino por el exterior de la planta y a una distancia de 737 m. Alimenta la correa 113, esta correa también posee un carro “triper” que se encarga de distribuir la carga a los 12 molinos del proceso convencional. Esta tarea es realizada por un operario,

quien se encarga mediante comandos locales de operar el carro repartidor de acuerdo a las condiciones de nivel que va tomando el buzón y/o requerimientos de las necesidades del cliente.

- La correa N° 114 que entrega el material a la Molienda Unitaria.



Fig. 18: Área Finos Correas.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PARTICULADO.

Una parte importante de la emisión de material particulado durante el proceso de chancado la constituyen partículas pesadas (de gran diámetro), los cuales sedimentan cerca de la fuente, es decir, dentro del área de la planta. Los factores que inciden principalmente en la emisión de material particulado son la humedad

de la roca, el contenido de los finos, el tipo de equipos involucrados y su mantención, las prácticas de operación: altura de descarga de los materiales desde correas, apilamientos, ocurrencia de derrames, la superficie expuesta, altura de las pilas de acopio, y las condiciones climáticas (dirección y velocidad del viento, ocurrencia de precipitaciones). La presencia de humedad en el material genera cierta cohesión entre los finos y las partículas más gruesas reduciendo la posibilidad de que el material fino sea emitido, por lo tanto, a mayor humedad menor serán las emisiones de material. La humedad existente en el material puede ser natural o bien ser humectado de forma artificial durante la etapa de Chancado.

El material particulado corresponde a partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera las que son emitidas o formadas directamente en el aire, y se caracterizan de acuerdo a fracciones de tamaño grandes o finas, que son: el MP-75 que corresponde al material particulado bajo 75 micrones, el cual puede ser transportado por la acción del viento, el MP-10 correspondiente a partículas de 10 micrómetros de diámetro y menores o material particulado respirable; y el MP-2,5 que son las partículas más finas de 2,5 micrómetros de diámetro y menores.

Es importante destacar dos aspectos relativos al tamaño de las partículas de polvo, primero, que el polvo es visible desde tamaños superiores a 40 micrones y por otro lado la acción tóxica del polvo puede darse a cualquier nivel del sistema

respiratorio, el factor determinante en el efecto sobre la salud es el tamaño de las partículas debido al grado de penetración y permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio. La mayoría de las partículas cuyo diámetro aerodinámico es mayor de 5 μm se depositan en las vías aéreas superiores fundamentalmente vía nasal, tráquea y bronquios, las partículas entre 2.5 y 5 μm se depositan en las regiones pulmonar y nasal y las partículas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 μm se depositan en la región pulmonar. La exposición a emisiones de material particulado por largos periodos de tiempo y sin la protección necesaria puede generar diversas enfermedades en el ser humano entre ellas una de las más importantes es la llamada silicosis, ocasionada por la inhalación de polvo fino (bajo 10 micrones) de sílice. “La silicosis es una enfermedad profesional, se trata de una fibrosis pulmonar incurable y muchas veces progresiva, producida por la exposición a Sílice. Conlleva discapacidad permanente y pérdida de las expectativas de vida. Trabajador expuesto a sílice es aquel que se desempeña en un ambiente de trabajo, cuya concentración de ambiente ponderado, producto de un muestreo representativo de la jornada laboral semanal, alcance el 50% o más del límite permisible ponderado de la sílice cristalina. Por otra parte cuando no exista una evaluación de la exposición se entenderá que todo trabajador no podrá permanecer expuesto más allá del 30% de la jornada laboral. Existen tres tipos de silicosis identificadas, estas son: Silicosis Crónica: Ocurre de 15 a 20 años de

exposición moderada. Silicosis Acelerada: Ocurre de 5 a 10 años de exposición elevada. Silicosis Aguda: Ocurre en meses hasta 2 años”.⁵

⁵ **Revista CONFEMIN** (*Confederación Minera de Chile*) Edición 01 - Abril 2010

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de Chancado en la División es posterior al de extracción del mineral y se inicia cuando llega la roca desde la mina, En el ocurren la molienda del mineral y la flotación formando parte de la segunda etapa del proceso productivo, llamada etapa de concentración. En el proceso de concentración, se liberan y concentran las partículas de cobre de las rocas mineralizadas para continuar con las etapas posteriores del proceso productivo.

En esta zona uno de los principales problemas ambientales que se genera en el proceso de Chancado es la alta emisión de material particulado.



Fig. 19: Contaminación MP Piso Alimentadores Jeffrey.

Como el objetivo de esta etapa es la reducción del material mediante presión, evidentemente se liberan gran cantidad de partículas finas las que son emitidas al medio y lo que constituye un grave problema, y que en la actualidad son bioacumulables en el organismo humano, lo que en concentraciones elevadas puede llegar a causar incapacidad y en muchos casos, provocar a raíz de estas incapacidades, la muerte. Ahora bien , como la emisión en términos generales cubre toda las dependencias de la Planta de Chancado, es importante reconocer que esta emisión no es continua, ya que por instantes se provocan explosiones dentro del proceso , que aumentan en relación a la constante emisión y que son el objeto del presente estudio.



Fig. 20: Contaminación MP Chute.

Las explosiones de material particulado que ocurren durante el proceso de Chancado, consisten en la emisión brusca de polvo fino al medio ambiente en forma permanente, las cuales se caracterizan por ser localizadas en puntos específicos dentro de las etapas de Chancado. La caída por gravedad del material proveniente de la mina en los chutes de descarga y vaciado, producen una gran cantidad de polvo contaminante en toda la Planta, Por tanto el motivo principal de este estudio es buscar alternativas y mecanismos que contribuyan a minimizar las emisiones producidas por estas explosiones.

Un diagnóstico de la situación total y actual de las emisiones de material particulado en la Planta de Chancado Secundario Terciario, nos permite conocer la realidad global que afecta al área de estudio, sin embargo, este estudio busca identificar , conocer y proponer un sistema que permita el control y en lo posible mitigación de las explosiones que provocan la mayor emisión del particulado , que es detectado en este estudio, y de esta manera avanzar en la búsqueda de mejorar la calidad ambiental del área de influencia y con ello resguardar la salud de operarios que allí laboran y personas cercanas al lugar del proceso.

6. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Es posible identificar, las causas, los efectos y forma de disminuir las explosiones de emisión de particulado en la Planta de Chancado Secundario-Terciario de Colón y con ello, reducir las emisiones de este proceso?

7. OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar las causas de emisiones explosivas en la planta de chancado y generar los lineamiento y medidas que permitan la disminución, control y mitigación de las mayores emisiones en la planta de chancado secundario – terciario.

Objetivos Específicos

- Generar un inventario de emisiones atmosféricas de material particulado en la planta de Chancado Secundario-Terciario de División El Teniente de Codelco Chile.
- Identificar el comportamiento de las emisiones de material particulado en la planta de Chancado Secundario-Terciario de División El Teniente de Codelco Chile, que se producen en las explosiones de emisiones.

- Reconocer las Áreas críticas de emisión de particulado e identificar sistemas técnicos posibles de ser aplicados como mecanismos de control.
- Elaborar los lineamientos y una propuesta de gestión de mejora, para contribuir con la disminución y/o control de la emisión de material particulado en la Planta de Chancado Secundario-Terciario de División El Teniente de Codelco Chile.

8. ESTADO DEL ARTE

Para una mayor comprensión de la problemática en estudio es relevante conocer el funcionamiento actual de la Planta de Chancado, esto, es el estado del arte del área de estudio, en él, se pueden reconocer sin duda dos grandes Sistemas que interactúan entre si, para el control del particulado, reconociendo en ellos los Colectores de Polvo y los Sistemas Supresores de Polvo. La interacción de estos Sistemas, las capacidades de cada uno de ellos y las características técnicas, así como la ubicación de estos componentes en el Proceso, serán descritas a continuación:

SISTEMAS COLECTORES DE POLVO.

De los 19 colectores de polvo que funcionan en la planta, 13 son del tipo Aeromix Wet Scrubbers, 6 del tipo Rotoclone, todos de extracción localizada, lo que significa que sus campanas de captación están ubicadas y diseñadas para captar el polvo inducido en los principales sectores donde se generan emisiones de material particulado como son, tolvas de transferencia, chutes de descarga, cintas transportadoras y sector de harneado. El polvo capturado es entonces transportado a un equipo de tratamiento en donde se suministra agua; proceso que permite que el polvo se aglomere y sea transportado por el agua a través de

canales bajo tierra, en algunos sectores y en superficie en otras áreas, para finalmente descargar a una canaleta que conduce este lavado hasta la Planta de Tratamiento de Relaves (PTR) donde se tratan y recuperan los minerales.

Los colectores de polvo deben mantenerse funcionando permanentemente, excepto en casos de emergencia como incendio o rotura de la canal de pulpa y por mantención programada de la Planta o del Colector. Cada uno de los colectores de polvo debe tener un programa de mantención mecánica y eléctrica, además deben trabajar dentro de rangos de funcionamiento determinados, para lo cual el operario debe ajustarlos dentro de los rangos señalados y registrar los datos en el formulario precisado para ello.

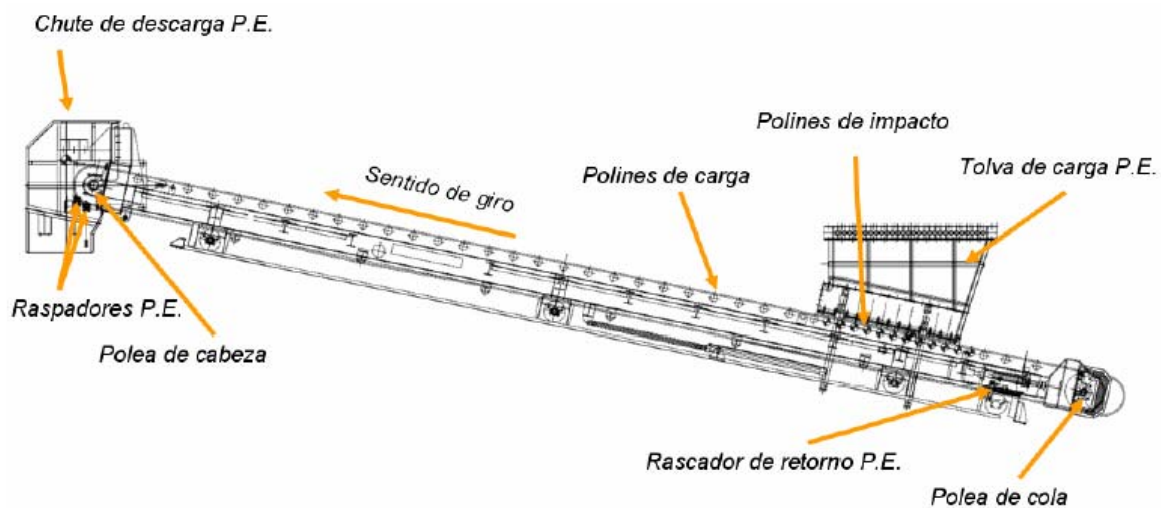


Fig. 21: Principales puntos de emisión de polvo en la planta.

Los sectores marcados con P.E. son los principales puntos de emisión de material particulado en la planta y precisamente son estos puntos los que deben mantenerse para evitar emanaciones de polvo. El sistema de captación de polvo de cada colector se encarga de trasladar el material inducido desde los procesos generadores de polvo (Fig. 22).

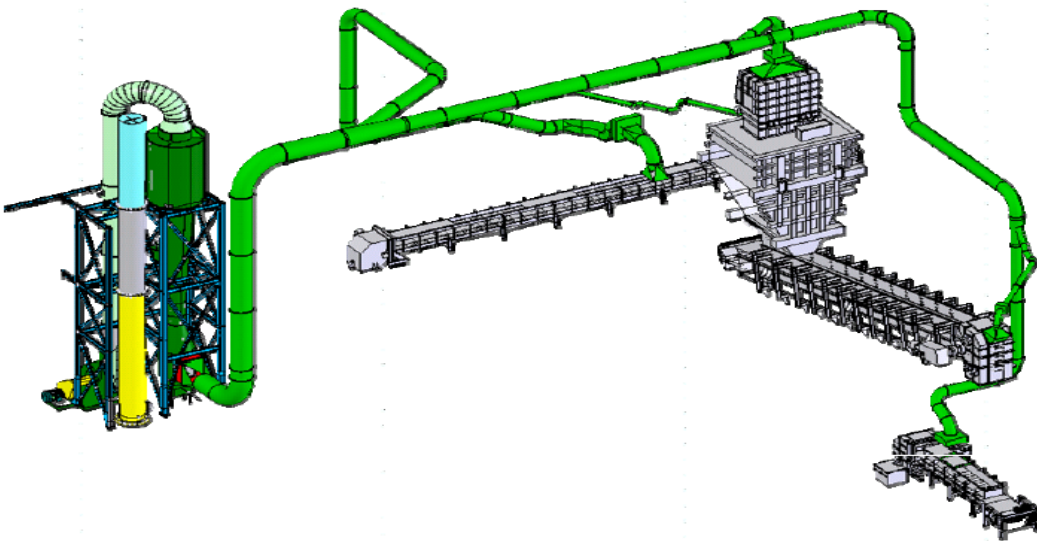


Fig. 22: Esquema de una línea del sistema de captación de polvo.

El sistema de captación de los colectores de polvo está compuesto de: Campanas, dampers y el sistema de ductería, las cuales se distribuyen en el circuito de captación en las áreas de la Planta en donde es requerida.

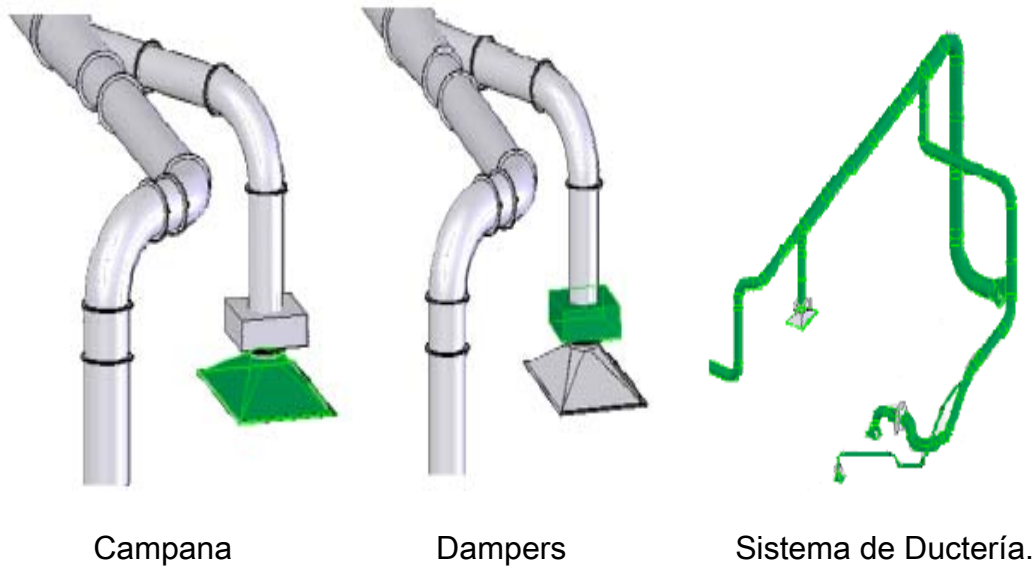


Fig. 23: Esquema de las partes que componen el sistema de captación de un colector de polvo.

Campanas.

Se encuentran ubicados en los puntos de emisión de particulado del material, localizados en los puntos de vaciado y traspaso del material, por su función, son puntos conflictivos en la cantidad de emisión de material particulado, estos puntos se ubican en los harneros, los chutes, tolvas y correas.



Fig. 24: Campana en una tolva de carga.



Fig. 25: Campana en una Correa transportadora.



Fig. 26: Campana en Chutes de traspaso.



Fig. 27: Campana sobre Harneros Doble Parrilla.

Dampers.

Sección de la ductería en la cual se aumenta o disminuye la capacidad de captación de polvo del sistema colector. La figura a continuación muestra el damper de la ductería perteneciente al colector N° 14 y en posición totalmente abierta para máximo flujo de extracción.

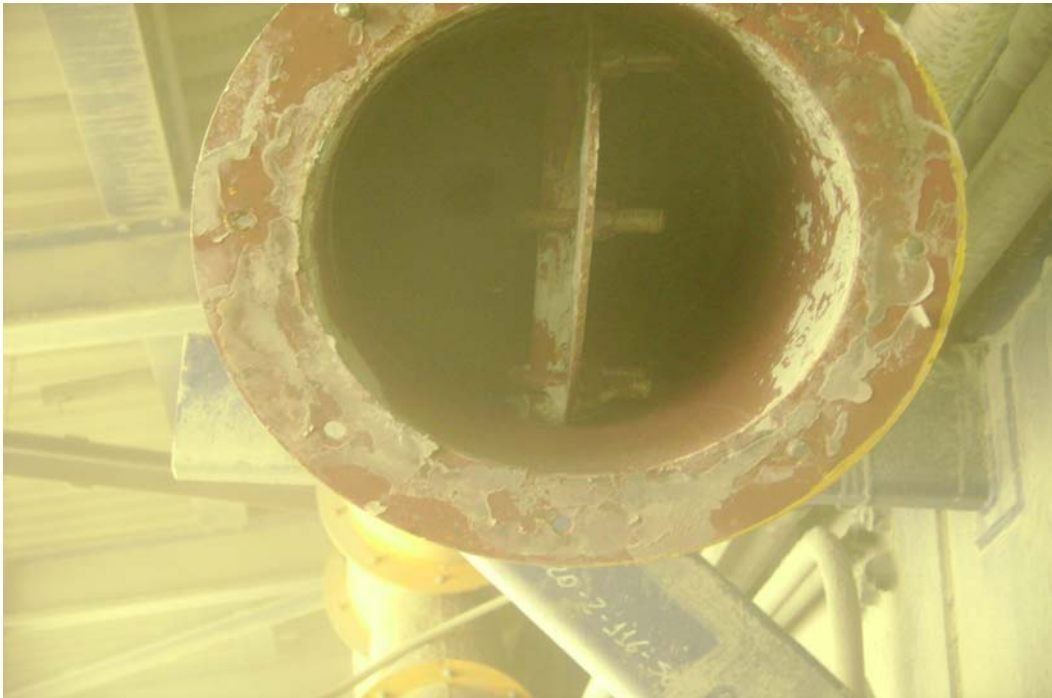


Fig. 28: Damper perteneciente al colector N° 14.

Sistema de ductería.

El sistema de ductos se localiza después del lugar de captación de polvo (chutes, tolvas, buzón, etc.) y termina en la entrada de la tolva pirámide. A su vez el

sistema de ductos se compone de codos, pendientes, ductos verticales, ductos horizontales y escotillas.



Fig. 29: Sistema de Ductería del Colector 10 y 11.



Fig. 30: Sistema de Ductería del Colector 12 y 13.

Colectores de polvo tipo Rotoclone.

Los colectores de polvo de tipo Rotoclone que forman parte de los sistemas de control de material particulado utilizados en la Planta, corresponden a los asignados con los N° 10 al 14, estos son separadores de polvo que utilizan la acción combinada de las fuerzas centrífugas y la unión íntima del agua y del aire cargado de polvo.



Fig. 31: Colectores Tipo Rotoclone.

El aire se desprende del polvo que contiene pasando dos veces a través de una lámina de agua que arrastra a través de un impulsor fijo. Atravesando el impulsor a gran velocidad, el aire arrastra una lámina de agua turbulenta a lo largo de la cara interior del impulsor. El agua lanzada en este paso en forma de “S”, cambia

de sentido en la parte superior y vuelve caer en forma de cortina en el compartimiento de aire limpio como lo muestra la figura 32.

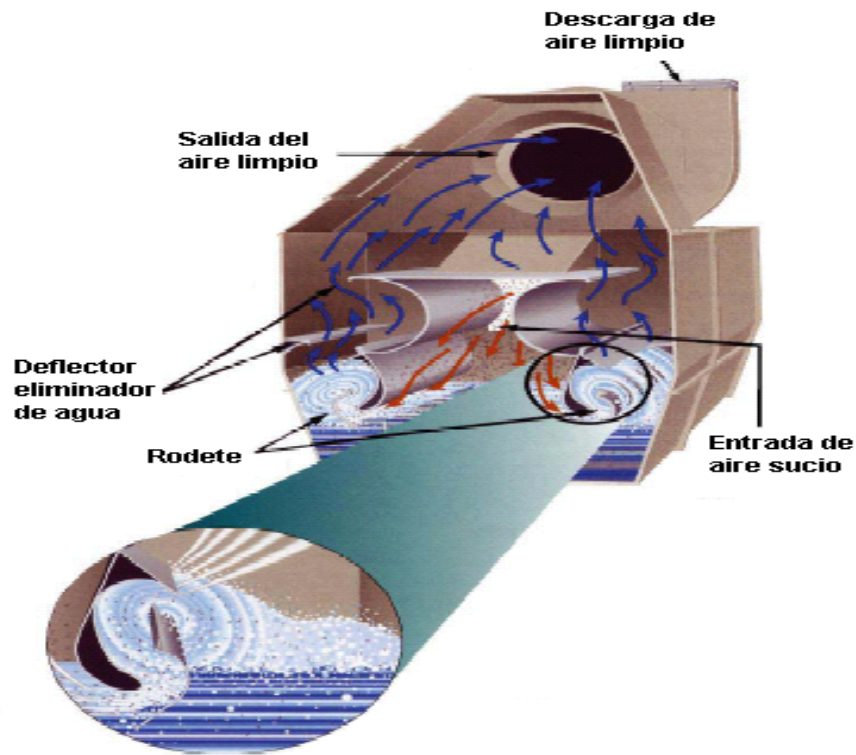


Fig. 32: Esquema que muestra el funcionamiento del colector tipo RotoClone.

La diferencia de nivel entre los dos compartimientos corresponde a la pérdida de carga del aire a través del impulsor. El agua de la tolva se utiliza continuamente y como la lámina de agua se produce por el flujo de aire, no son necesarios ni la bomba ni el pulverizador. El nivel de agua debe ser constante, estando asegurado por una alimentación continua, evacuándose el exceso por el rebosadero de la caja de control.

Evacuación de Polvo.

Para el efecto de la evacuación de polvo, el colector cuenta con una válvula de paso en la parte inferior de la tolva. Para que salgan todos los lodos, en la mayoría de los casos, se ayuda con agua presión.

Descripción del Modelo Rotoclone.

El Colector está dividido en dos compartimientos, uno destinado a la recepción de aire a purificar y el otro a la recogida y evacuación de aire limpio. Estos dos compartimientos se comunican por un impulsor en forma de “S”, en el cual se mezclan íntimamente el polvo y el agua.

El modelo se presenta bajo la forma de dos cajones superpuestos:

- Un cajón inferior, formando una cubeta para el agua.
- Un cajón superior conteniendo las chapas de cierre y eliminadores, así como los impulsores y los elementos necesarios para la alimentación de agua y el control del nivel.

Alimentación de Agua.

Se compone de una válvula de llenado de gran sección, que permite llenar el aparato rápidamente.

Control de Nivel de Agua.

La caja de control es, en efecto, una prolongación del Colector, en la que se encuentra el mismo nivel de agua y la misma presión estática que en el compartimiento de “aire limpio”. En la parte superior, una abertura que forma un desagüe, asegura un nivel de agua en el aparato. La parte inferior de la caja de control forma una junta hidráulica y permite una salida normal, a presión atmosférica, del agua del rebosadero.

Los rangos de funcionamiento que se encuentran predeterminados para estos colectores se muestran en la tabla 2.

TABLA N° 2: Especificaciones Técnicas de funcionamiento de los 6 motores colectores del tipo Rotoclone.

Colector N°	Tipo	Potencia Motor HP	Flujo Operación m³/h	Presión Estática mm ca
10	Roto clone	200	87.515	370
11	Roto clone	200	87.515	370
12	Roto clone	200	87.515	370
13	Roto clone	200	87.515	370
14	Roto clone	40	19.838	400
16	Roto clone	200	87.515	370

Fuente: Registros Teniente año 2010.

Colectores de polvo tipo Aeromix Wet Scrubbers.

Los equipos colectores de polvo Aeromix Wet Scrubbers (Fig. 33) corresponden a los N° 1 al 8 y del 17 al 19 y están diseñados para captar mediante extracción localizada las emisiones producidas en el sector de Harneado Terciario y Sector de Finos (tolva BN-05).

El Sistema Colector se compone principalmente de las siguientes partes: Cámara de entrada, Venturi-difusor, Spinner, Cuerpo Colector, Interducto, Ventilador, Estanque de Alimentación y Recirculación, Estanque de Vaciado, Ventilador con Damper y Chimenea (Fig. 34)



Fig. 33: Sistema Colector de polvo Aeromix Wet Scrubbers.

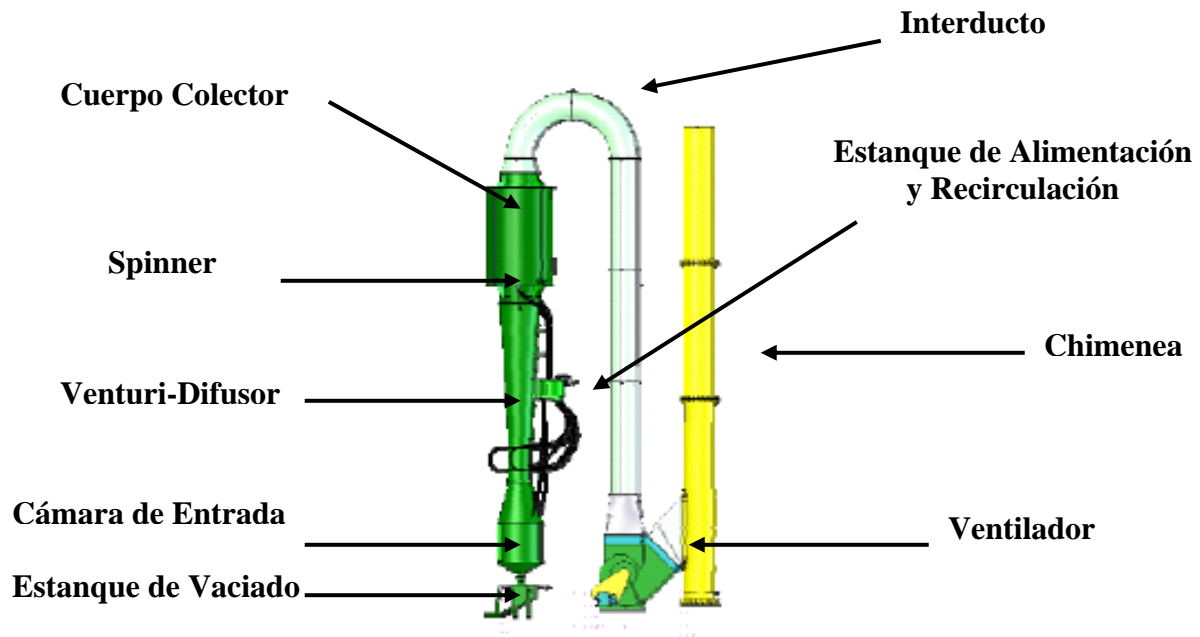


Fig. 34: Esquema del sistema de Colección de polvo Aeromix Wet Scrubber.

Entrada de los gases al equipo.

Los gases provenientes del sistema de captación ingresan al equipo por la cámara de entrada e impactan contra su pared posterior (fig. 35), paralelamente por ésta fluye una cortina de lodo cuya función es realizar la primera captación y además proteger al equipo de un impacto directo del polvo que ingresa, de esta manera se ayuda a disminuir el desgaste por erosión.

A medida que los gases pasan por el venturi son mezclados con el agua de alimentación y luego continúan avanzando hacia el difusor.

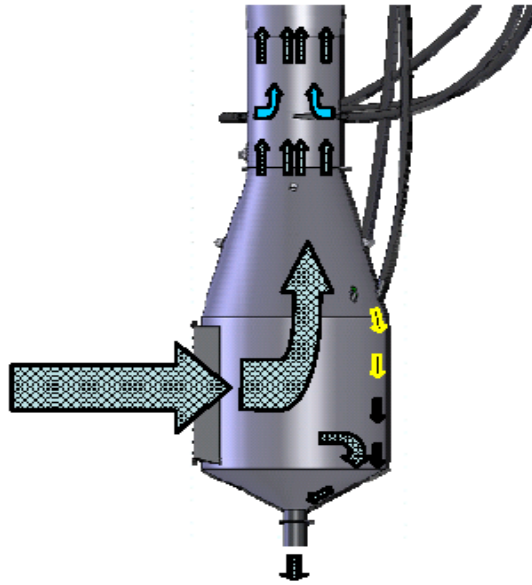


Fig. 35: Esquema que muestra el ingreso del aire cargado de polvo en la cámara de entrada.

A medida de que los gases pasan por el difusor se producen turbulencias que ayudan a mezclar aún más los gases, luego pasan por el spinner (es la hélice estática que se ubica dentro del cuerpo colector) donde el flujo es proyectado contra las paredes del cuerpo colector. Es entonces cuando las gotas de agua sucias se pegan a las paredes y se separan del aire limpio, el cual continúa fluyendo al sistema extractor que finalmente lo descarga al aire ambiente. Paralelamente los lodos captados decantan y finalmente son conducidos por las mangueras al estanque de recirculación donde son recuperados y finalmente derivados a la cámara de entrada en el caso de los lodos y al venturi en el caso del agua de alimentación.

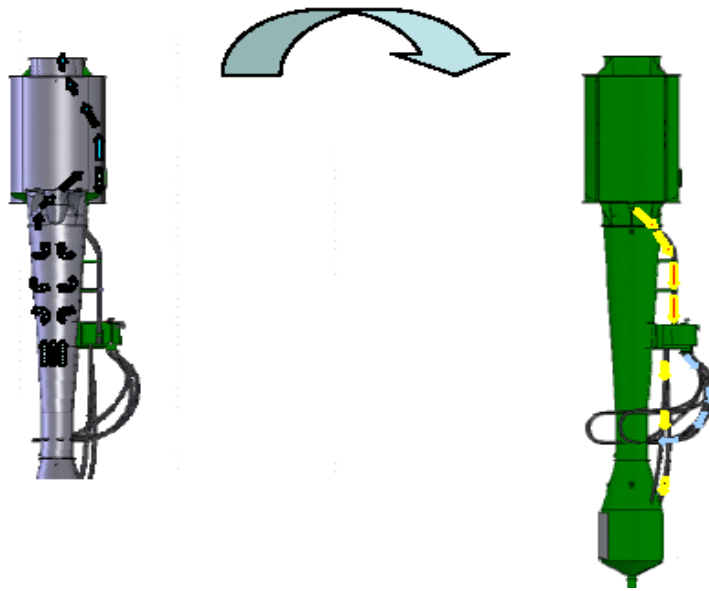


Fig. 36: Esquema que muestra el paso de los gases por el difusor, luego por el cuerpo colector y el recorrido del lodo y del agua recuperada.

Alimentación y Recirculación

El estanque de alimentación y recirculación representa el corazón del sistema Aeromix y sus funciones son: Alimentar con agua al venturi difusor, Recuperar el agua proveniente del cuerpo colector, Derivar los lodos concentrados a la cámara de entrada, Mantener el sello hidráulico en las mangueras de recirculación y Regular la eficiencia de colección del sistema.

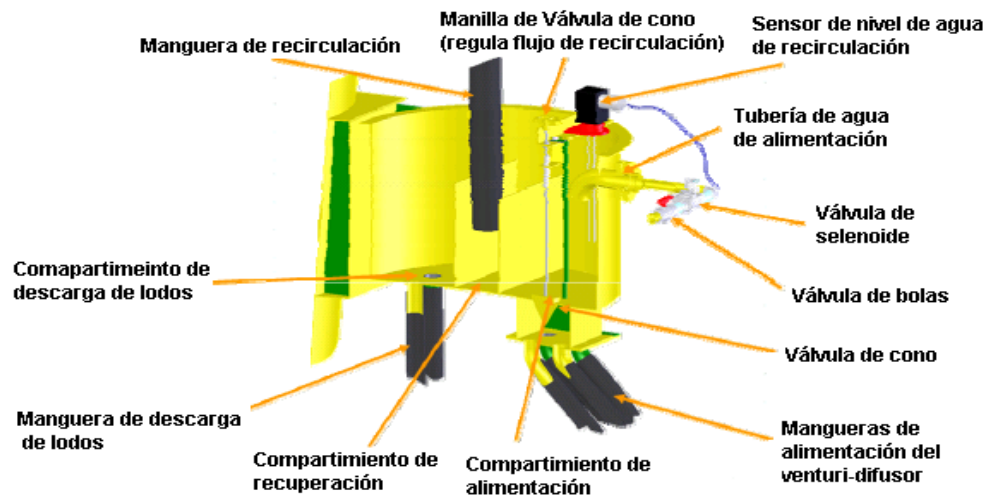


Fig. 37: Esquema de partes que componen el estanque de recirculación y alimentación.

FUNCIONAMIENTO DEL ESTANQUE DE ALIMENTACION Y RECIRCULACION.

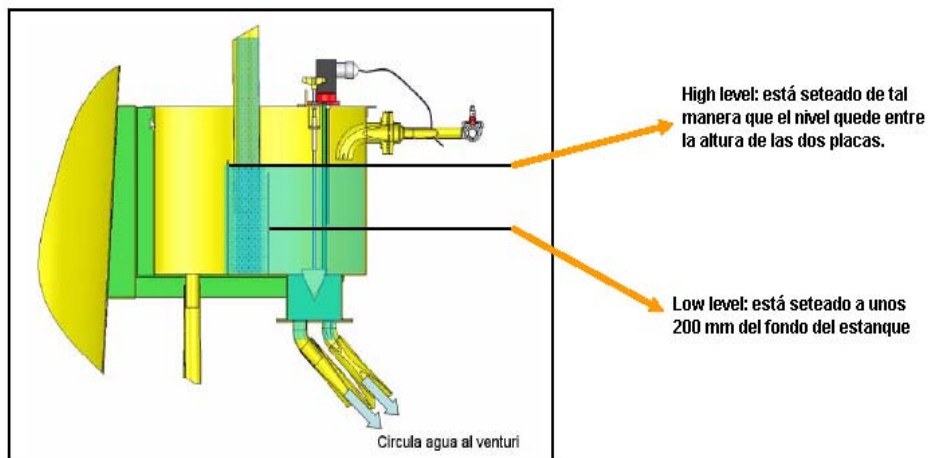


Fig. 38: Esquema que muestra los niveles alto y mínimo del agua.

Observaciones.

La manguera de recirculación siempre debe estar sumergida cuando el equipo esté operando ya que el agua actúa como un sello hidráulico impidiendo que ingrese aire por ese circuito.

La regulación del agua de alimentación del venturi-difusor determina la eficiencia de colección de polvo del sistema, el cuidado que hay que tener es el siguiente: Cuando se aumenta el caudal aumenta la eficiencia de colección de polvo, pero además aumenta la pérdida de carga y disminuye el caudal volumétrico movilizado. Por otra parte si disminuye el caudal más de lo debido podría pasar que la colección sea eventualmente insuficiente y en este caso las partículas de polvo podrían pasar directamente al ventilador aumentando drásticamente su tasa de desgaste.

Vaciado del Estanque

El estanque de vaciado es necesario para descargar los lodos manteniendo a la vez la manguera de drenaje de lodos con sello hidráulico para evitar que ingrese aire al sistema a través de ella.

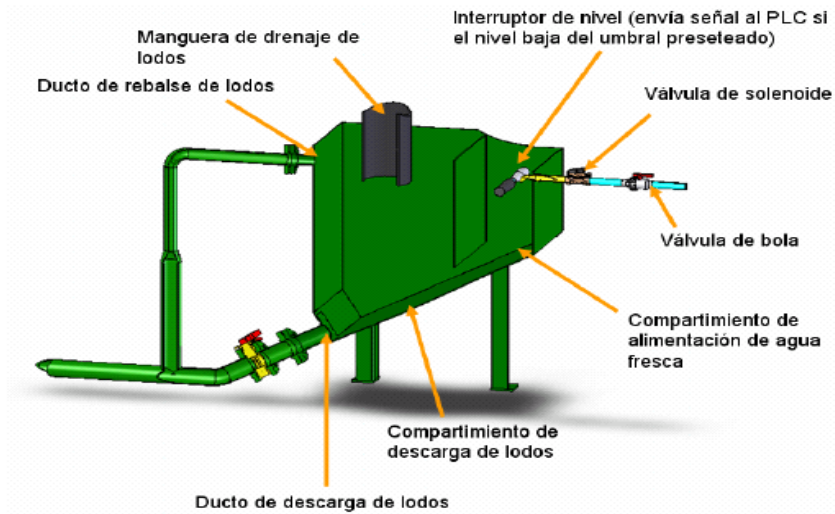


Fig. 39: Esquema que muestra las partes que componen el estanque de vaciado.

Funcionamiento del estanque de vaciado

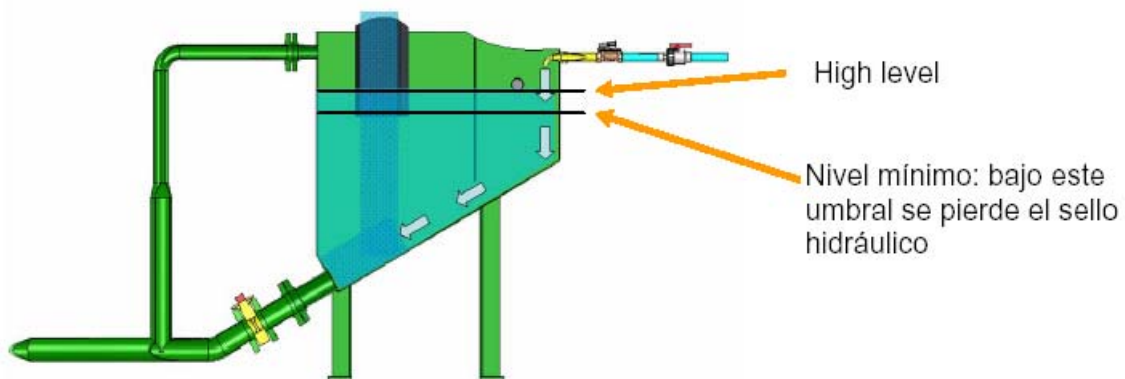


Fig. 40: Esquema que muestra los niveles altos y mínimos del estanque de vaciado.

Observaciones.

La manguera de drenaje de lodos siempre debe estar sumergida cuando el equipo esté operando, ya que el agua actúa como un sello hidráulico impidiendo que ingrese aire por ese circuito.

La válvula de mariposa ubicada en el ducto de descarga de lodos, debe regularse de manera tal, que el nivel de agua se mantenga justo bajo el switch de nivel, de esta se consume una menor cantidad de agua.

La válvula de mariposa debe regularse de manera tal que el nivel de agua se equilibre justo cuando se acciona el switch de nivel, de esta manera se evita un gasto innecesario de agua limpia.

Los rangos de funcionamiento que se encuentran predeterminados para estos colectores se muestran en la tabla 3.

Los sistemas colectores Aeromix presentan un funcionamiento mas eficiente en relación a los de tipo Rotoclone. Esto se puede determinar porque los ciclos de mantención, la presencia de anomalías y fallas, así como también la limpieza, tienen una frecuencia de ocurrencia mucho menor que los Rotoclone. Estos antecedentes se recabaron a través de la observación en terreno.

TABLA N° 3: Especificaciones Técnicas de Funcionamiento motores Scrubber

Colector N°	Tipo	Potencia Motor HP	Flujo Operación m ³ /h	Presión Estática mm ca
1	Scrubber	200	78.500	355
2	Scrubber	200	76.800	355
3	Scrubber	200	76.800	355
4	Scrubber	150	57.348	355
5	Scrubber	150	57.348	355
6	Scrubber	150	57.348	355
7	Scrubber	150	57.348	355
8	Scrubber	250	91.800	355
9	Scrubber	150	57.348	355
17	Scrubber	300	114.804	355
18	Scrubber	300	114.804	355
19	Scrubber	300	114.804	355
21	Scrubber	150	57.348	355

Fuente: Registros Teniente año 2010.

Sistemas Supresores de Polvo

El sistema de supresión que opera en la planta, se basa en la aglomeración de partículas mediante neblina fina, producida por una mezcla de aire y agua a presión (Fig. 41).

La planta cuenta con el funcionamiento de 24 supresores de polvo del tipo neblina fina, este sistema utiliza solamente agua y aire, no requiere agentes químicos.

El aire comprimido y el agua son forzados a pasar a través de boquillas especiales que permiten acelerar la mezcla a una velocidad supersónica, pulverizándola, lo que genera gotas de tamaño variable cuyo porcentaje mayor esta comprendido entre los 25 y 400 micrones.

La neblina generada se adhiere a las partículas de polvo aumentando su peso y evitando su flotación. Los rociadores de neblina (agua-aire) ubicados en las transferencias de mineral se activan automáticamente cuando el alimentador y/o las correas que transportan el mineral chancado entran en operación.

Cada sistema Supresor de polvo cuenta con un panel de control eléctrico mediante el cual se chequean las condiciones de operación para lograr un funcionamiento óptimo del equipo.

Los sistemas supresores de polvo están formados por boquillas hidroneumáticas (Fig. 42) que pueden generar gotas de entre 1 y 400 micrones de tamaño con la posibilidad de operar bajo la forma de niebla seca o húmeda según sea la combinación de presiones de aire y de agua reguladas desde el panel de control.

El enlace entre los gabinetes de control y las boquillas es mediante conductos y tuberías flexibles protegidas térmicamente con espuma de poliuretano y cinta calefactora de 10 Watt. En estas cabinas o gabinetes, se lleva a cabo el control del

flujo de agua y aire a través de reguladores de presión y válvulas selenoides donde además se filtra el agua y el aire comprimidos. La orientación normal de las boquillas es de 45° aproximadamente, en dirección contraria al flujo de salida del mineral.

La purga se produce cuando la válvula solenoide de agua se cierra y la válvula de purga se abre inyectando aire a la línea de agua por el tiempo seleccionado en el relay respectivo, ubicado en el panel de control.



Fig. 41: Sistema supresor de polvo en el chute de descarga de una correa.



Fig. 42: Boquilla hidroneumática en el interior del Chute de descarga.

La figura 43 muestra que frente a una gran gota de agua (tamaño mayor a 100 micrones) la partícula de polvo viaja alrededor de ella no estableciéndose contacto, en cambio, la gota pequeña choca con la partícula de polvo aglomerándola, haciéndola más pesada y forzándola a caer la fuente de origen.

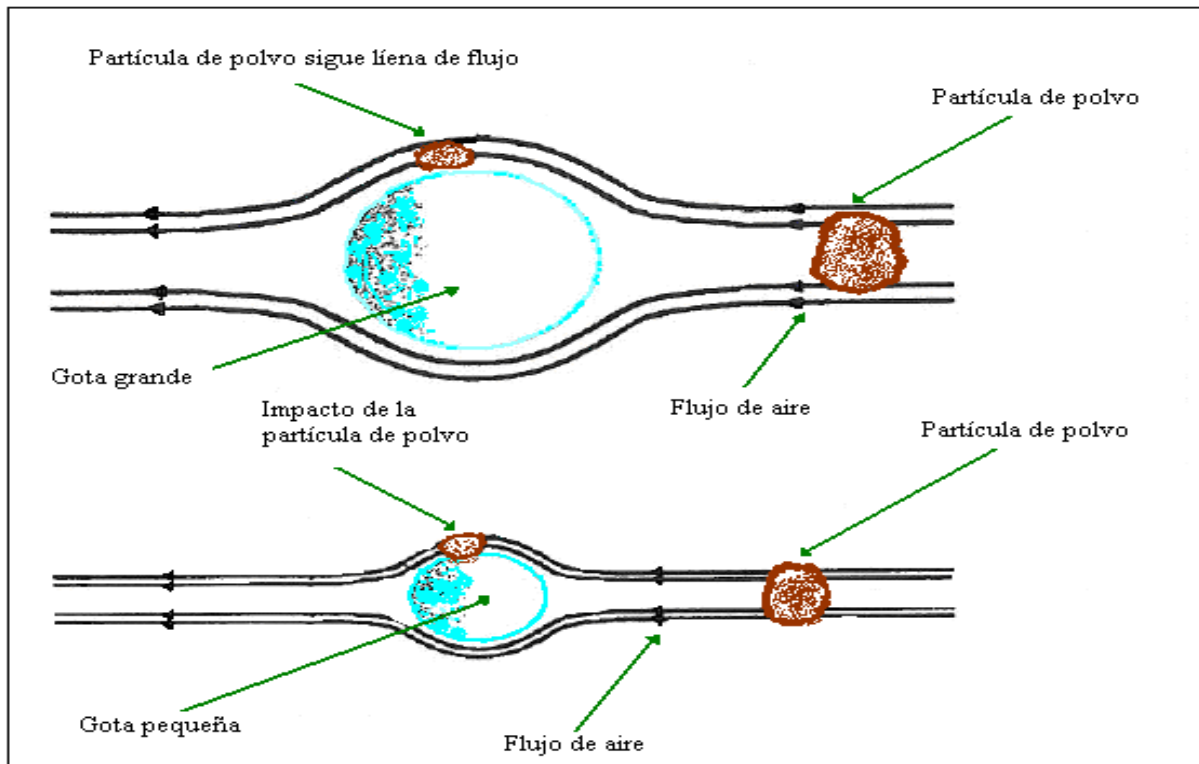


Fig. 43: Contacto de la partícula de polvo con la gota de agua. Revista Coal Age.

Abril 1976.

El esquema anterior indica que los sistemas de supresión fundamentan su rendimiento y eficacia en dos factores:

- Espacios confinados que aíslan la fuente generadora de polvo de las condiciones ambientales.
- Producción de gotas con un tamaño similar al de las partículas de polvo.
- Captación de moléculas por adsorción.

Utilización de Neblina seca o húmeda.

Los sistemas de supresión de polvo por aglomeración, correctamente diseñados e instalados, deben ser capaces de operar en modo seco o húmedo según sea el requerimiento.

Se denomina neblina seca a aquella que produce una humificación imperceptible una distancia no inferior de la fuente atomizada. Para lograr esto se requiere que los confinamientos sean más grandes y con sellos más herméticos y que la regulación de la combinación agua-aire sea mas precisa.

Se denomina neblina húmeda a aquella que genera una humificación perceptible a igual distancia. Para logara este tipo de neblinas se requiere de un incremento del flujo de agua y del numero de boquillas dispuestas en el confinamiento pero sin sacrificar en tamaño de las gotas de agua. Este modo, puede ser útil cuando se requiere aumentar la humectación de la carga cuando esta viene muy seca. Importante es señalar que se debe evitar trabajar con neblina húmeda cuando las temperaturas son demasiado bajas a fin de evitar acumulación de hielo en los confinamientos o espacios contenidos.

Confinamientos.

Los confinamientos son muy necesarios cuando se instalan sistemas de supresión por aglomeración ya que esto permite mantener en dicho espacio la combinación

de neblina y polvo para lograr la aglomeración de las partículas. Normalmente, estos confinamientos no forman parte del suministro de los sistemas de supresión de polvo.

Sistema de control.

El control de agua y del aire se realiza mediante reguladores de presión. Debido a que las diferencias de altura entre la ubicación de boquillas, es a veces, relevante (más de cinco metros) es importante que esta regulación sea independiente y ubicada lo mas cerca posible y en el nivel donde estas boquillas se encuentran ubicadas. De no ser así, se provocará que un sector trabaje con demasiada humedad causando serios inconvenientes.

Normalmente las boquillas no son visibles a simple vista por estar encapsuladas dentro del chute por lo que su estado de operación solo es posible de ser verificado mediante indicadores de presión. Es imprescindible el monitoreo de los manómetros de aire y de agua con el fin de evitar una excesiva humedad que pueda formar barro y por lo tanto una baja eficiencia de captura del material particulado.

No es deseable que los sistemas se encuentren en operación cuando el equipo de proceso o manejo de material se encuentre detenido. Se recomienda el enclavamiento de las válvulas solenoides al equipo de proceso mediante señales remotas.

En la **TABLA N° 4** se muestran las presiones de agua y aire para cada boquilla componente del sistema supresor de la planta, además de su ubicación y número de boquillas por supresor.

Supresor	Ubicación	N° Boquillas	Presión de Aire (PSI)	Presión de Agua (PSI)
SP- 02-A	Transferencia de correa CV-104	5	100 psi	60 psi
SP - 02- B	Transferencia de correa CV-105 sobre CV-106	5	100 psi	60 psi
SP – 03	Transferencia de correas CV-43 y 44 sobre CV- 106	12	100 psi	60 psi
SP- 04	Transferencia de correa CV-106 sobre CV-102	10	100 psi	60 psi
SP- 05	Transferencia de correa CV-102 sobre CV-103	10	100 psi	60 psi
SP- 06-A	Transferencia de correa CV-116 a 118 sobre correa CV-101	12	100 psi	60 psi
SP- 06-B	Transferencia de correa CV-119 a 121 sobre correa CV-101	12	100 psi	60 psi
SP- 07	Transferencia de correa CV-101 sobre CV-102	10	100 psi	60 psi
SP- 11	Transferencia de correa CV-112	8	100 psi	60 psi
SP- 12-A	Transferencia de harnos terciarios SC-08 a CV-112	20	100 psi	60 psi
SP- 12-B	Transferencia de harnos terciarios SC-04 a CV-112	20	100 psi	60 psi
SP- 12-C	Transferencia de correa CV-110	10	100 psi	60 psi
SP- 14	Transferencia de Correa CV-111	10	100 psi	60 psi

SP- 15	Transferencia de correa CV-16 sobre CV-17	10	100 psi	60 psi
SP- 20	Transferencia tolva BN-05 sobre alimentadores CV-122 a 125	32	100 psi	60 psi
SP- 21-A	Transferencia de correa CV-122, 123 y 124 sobre CV-115	12	100 psi	60 psi
SP- 21-B	Transferencia de correa CV-125	12	100 psi	60 psi
SP- 22	Transferencia de correa CV-114 sobre acopio de finos	4	100 psi	60 psi
SP- 23	Transferencia de correa CV-115 sobre CV-12	4	100 psi	60 psi
SP- 25	CV-26 sobre CV-29	8	100 psi	60 psi
SP- 26	Transferencia de correa CV-24 sobre CV-27	12	100 psi	60 psi
SP- 27	Transferencia de correa CV-25 sobre CV-28	12	100 psi	60 psi
SP- 28	Transferencia de correa CV-126	2	100 psi	60 psi
SP- 29	Transferencia de correa CV-127	2	100 psi	60 psi

Periodo invernal.

Si las bajas temperaturas son relevantes, es necesario proteger las líneas de agua con un revestimiento anticongelamiento y resistencias eléctricas continuas. Todos los ductos flexibles deben ser implementados con cinta calefactora y recubiertos con aislante elastomérico. La activación del sistema de calefacción se debe realizar mediante sensores de temperatura colocados exteriormente y predeterminados con una temperatura de no menos de 3° C para su activamiento.

A su vez, sistemas de purga automática de las líneas de agua se llevan a cabo mediante flujos de aire y sistema secuencial de tiempo. La purga se produce cuando la válvula solenoide de agua se cierra y la válvula de purga se abre inyectando aire a la línea de agua por el tiempo seleccionado en el rellyay respectivo, ubicado en el panel de control.

Componentes del sistema de supresión de polvo

- Gabinete de control principal multifunción, modelo IA-GCP.
- Gabinete satélite de válvulas reguladoras, modelo IA-GSVR.
- Gabinete de control eléctrico, modelo IA-GCE.
- Flexibles de interconexión para aire y agua.
- Boquillas atomizadoras, modelo IA-BN.

Descripción de principales elementos del sistema

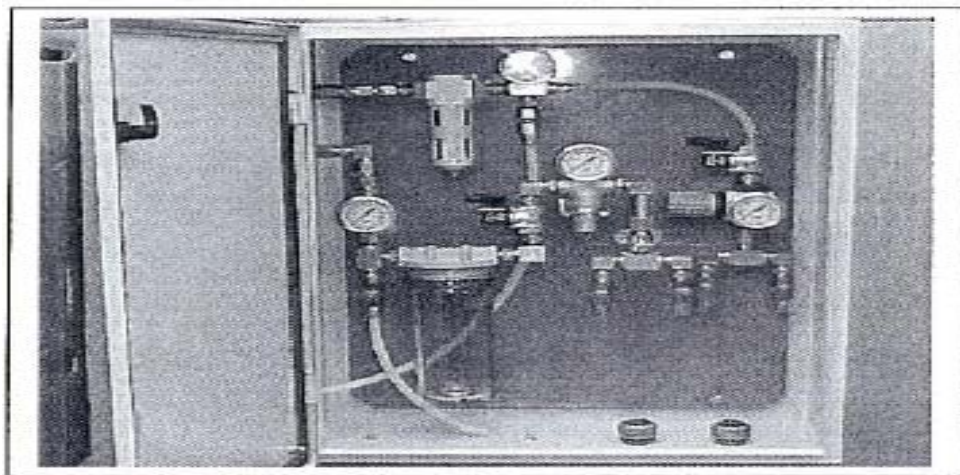


Fig. 44: Gabinete de control principal multifunción, modelo IA-GCP.

El gabinete de control principal tiene como misión, la recepción de los elementos agua y aire y su distribución al resto de sistema. La presión máxima de entrada de agua 120 PSI, siendo la presión de trabajo 60 PSI. La presión máxima para el aire es de 40 PSI y la presión de trabajo de 90 PSI. Válvulas selenoides permiten el flujo de agua y de aire mediante control eléctrico. Cada gabinete permite controlar hasta cuatro gabinetes satélites de regulación de presión. Puede también ser un gabinete multicombinado, en cuyo caso hasta 10 boquillas pueden ser comandadas desde ese gabinete.

Entre sus principales componentes se cuentan:

- Gabinete cierre hermético NEMA 4X.
- Dos filtros de agua y de aire de tipo secundario.
- Válvulas reguladoras de agua y de aire.
- Válvulas selenoides de dos vías N.C. para líneas de agua y de aire.
- Válvulas selenoides de dos vías N.A. para purga automática.
- Switch de presión de agua y de aire.
- Manifolds de distribución para líneas de aire de 1" y agua de ½".
- Válvulas de bola para apertura y cierre.
- Calefactor anticongelamiento.
- Manómetros de presión.

- Caja de conexión para trazadores de calor.

Opción Gabinete multicombinado

- Válvulas reguladoras de agua y de aire.
- Manifolds para líneas de agua de 3/8 y aire de 1/2.
- Manómetros medidores de presión.

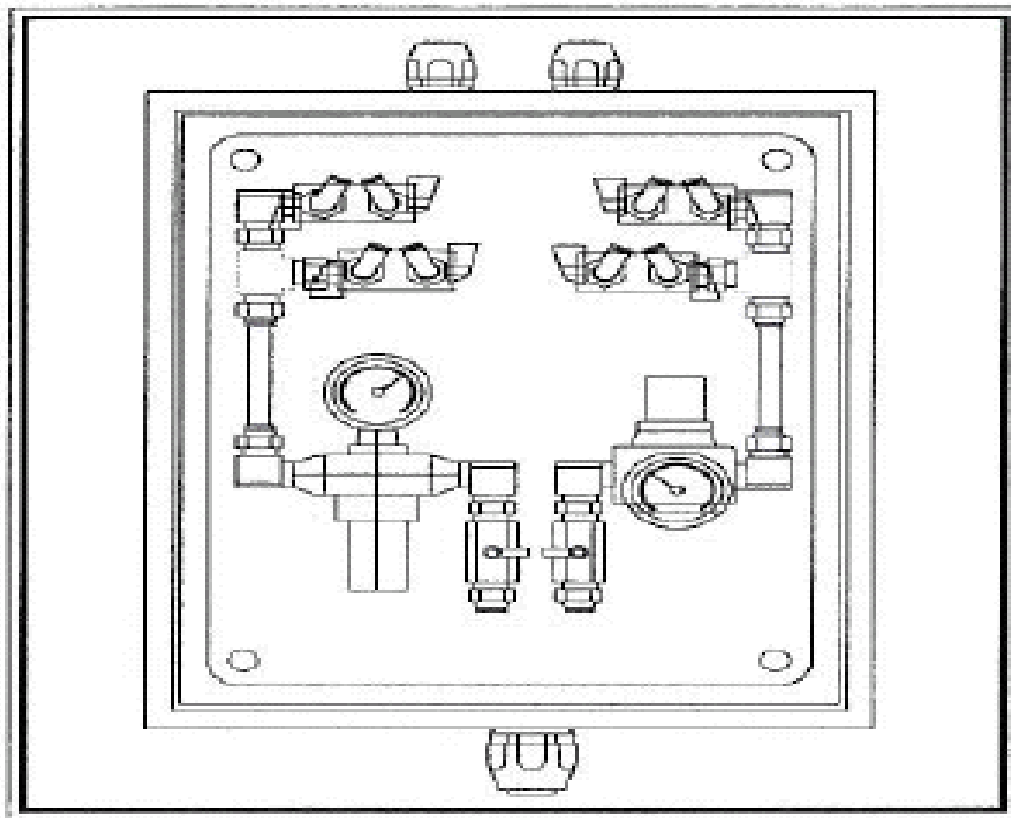


Fig. 45: Gabinete satélite de válvulas regulador, modelo IA-GSVR.

El gabinete satélite de válvulas reguladoras permite tener el control de presión tanto de aire como de agua para cada boquilla nebulizadora del sistema. Estas

son colocadas a un punto no mayor a los seis metros desde esta. Cada uno de estos gabinetes, permite el control de hasta 10 boquillas nebulizadoras. Entre sus componentes se cuentan:

- Gabinete cierre hermético NEMA 4X.
- Válvulas de bola para apertura y cierre.
- Válvulas reguladoras de presión de aire y agua.
- Manifolds para líneas de agua de $\frac{1}{4}$ y aire de $\frac{5}{16}$.
- Calefactor anticongelamiento de agua.
- Caja de conexión para trazadores de calor.

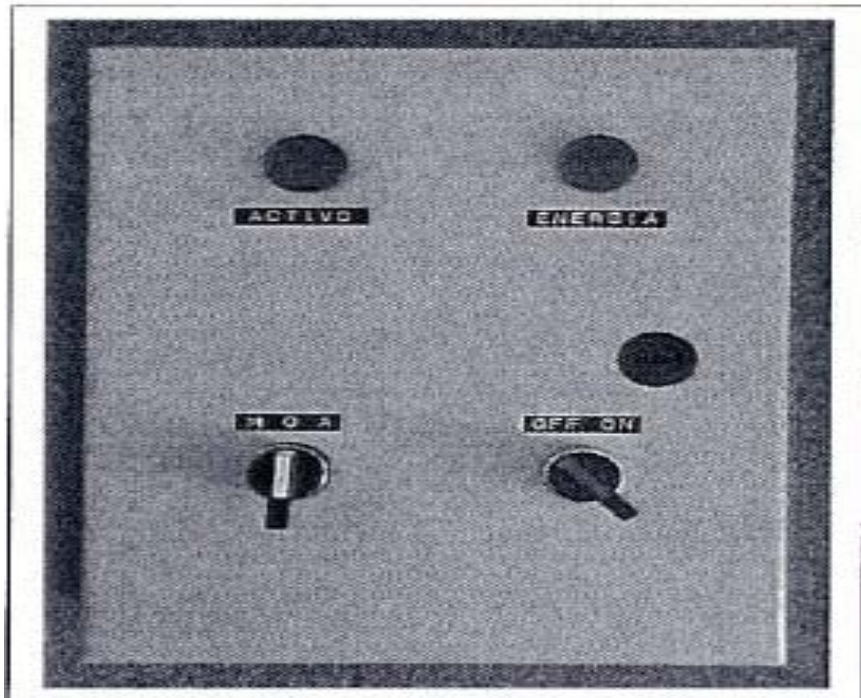


Fig. 46: Gabinete de Control Eléctrico, modelo IA-GCE.

Este gabinete controla eléctricamente el sistema supresor de polvo y permite tener tanto comando manual como comando automático de él. El comando manual permite la activación del sistema independiente del accionamiento de los equipos de la planta. El comando automático activa el sistema recibiendo las señales remotas desde los equipos determinados previamente por medio de un PLC o similar. Este equipo trabaja con voltajes de 110V o 220V, 50/60 Hz. El sistema de trazadores de calor anticongelamiento trabaja con voltajes de 220V y una potencia máxima por equipo de 1380W entre sus componentes se cuenta:

- Gabinete cierre hermético NEMA 4X.
- Relay de control.
- Relay temporizador.
- Switch automático.
- Switch on-off.
- Switch triple posición manual off automático.
- Luz piloto de energizado.
- Luz piloto de sistema activo.
- Luz piloto de baja presión de aire y agua.
- Luz piloto de calefacción activada.

Flexibles de interconexión.

Permite la distribución de agua y aire entre el gabinete principal y el gabinete de control y entre éste y las boquillas nebulizadoras. El aislamiento permite que las bajas temperaturas no congelen el agua manteniendo la temperatura interior del conduit generada por el trazador de calor que es conducido a través de él. Entre sus componentes se tiene:

- Conduits flexibles de diámetro 1" y $\frac{3}{4}$ ".
- Tubing polietileno de diámetro $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{16}$ y $\frac{1}{4}$.
- Aislante flexible de diámetros 1" y $\frac{3}{4}$.
- Trazador de calor de 3W/pié (10W/m).

Boquillas y adaptadores.

Los porta-adaptadores están fabricados de HDPE, mineral muy resistente y baja adherencia de partículas. Esto permite que no se adhiera al montaje soldado ubicado para permitir la instalación de boquillas dentro de los equipos y/o área que se quiere nebulizar.

Las boquillas son de acero inoxidable en cuyo interior va instalado un elemento llamado venturi fabricado en titanio para mayor durabilidad. Entre sus componentes se tiene:

- Porta-adaptadores de HDPE con conector para conduits flexible.
- Adaptador de durocotton para boquillas IA-BN1, IA-BN2 e IA-BN3.
- Boquillas nebulizadoras de acero inoxidable modelos IA-BN1, BN2 y BN3.
- Montajes soldados porta-adaptadores.

Las boquillas hidroneumáticas son fabricadas en acero inoxidable, calidad AISI 316L. Existen tres tipos de boquillas con distintas capacidades de flujo dependiendo de cada aplicación, cubriendo así un amplio margen en el cambio de la supresión de polvo.

Las boquillas se han diseñado para distintas aplicaciones y usos como son:

IA-BN1: Diseñada para ser usada en aquellos casos en que el volumen de contención es pequeño y/o la velocidad del aire es baja, por ejemplo en correas transportadoras, harneros y alimentadores vibratorios.

IA-BN2: Diseñada para espacios de contención amplios o cuando la velocidad del aire es moderada, por ejemplo, en tolvas de torre de transferencia.

IA-BN3: Diseñada para aplicaciones de alta velocidad de aire, o cuando se desea un nivel más alto de humedad en el producto, por ejemplo, en descarga a Chancador Primario o a pila de acopio de material fino.

Partes que componen una boquilla.

Los partes que componen una boquilla hidroneumática típica son el vástago, cabezal, resonador, O´ring sello vástago, ventura y O´ring sello cabezal.

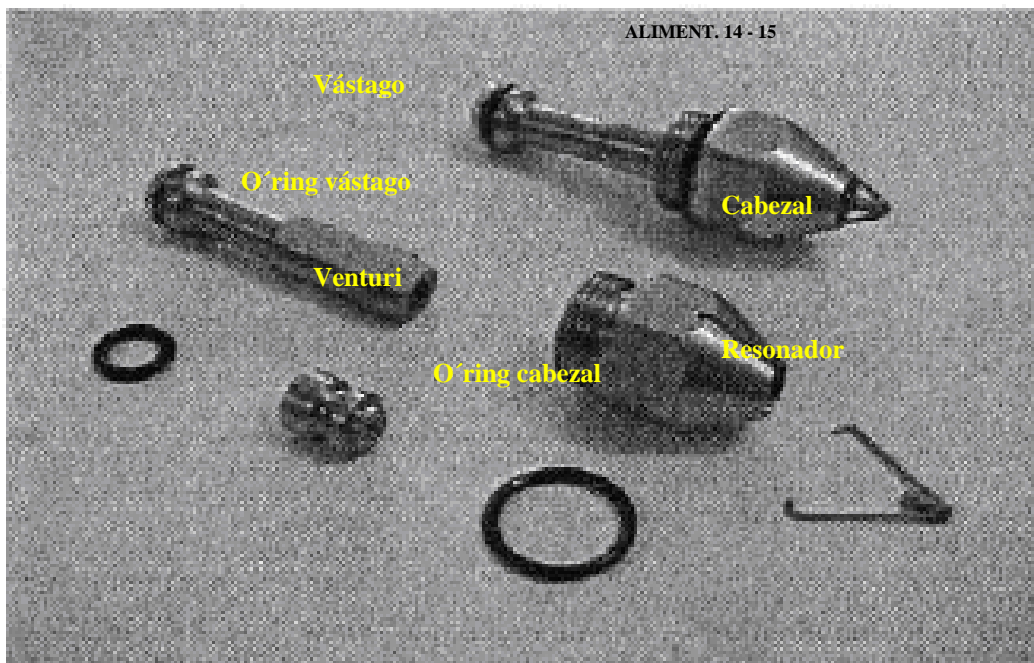


Fig. 47: Partes que componen una boquilla hidroneumática.

Conjunto modular de boquilla.

El conjunto modular de boquillas (fig. 48) se especifica para una fácil instalación de ellas. Existen distintos tipos de soporte para la instalación de boquillas nebulizadoras e hidráulicas, pero la más común consta de:

- Montaje soldado con inclinación de 45°.
- Montaje soldado con inclinación de 90°.
- Porta boquilla de HDPE.
- Adaptador de durocoton o delrin.
- Conector de 1" o ¾" de diámetro.
- Conduit de 1" o ¾" de diámetro.
- Tubing de 8 mm o de 6 mm de diámetro.

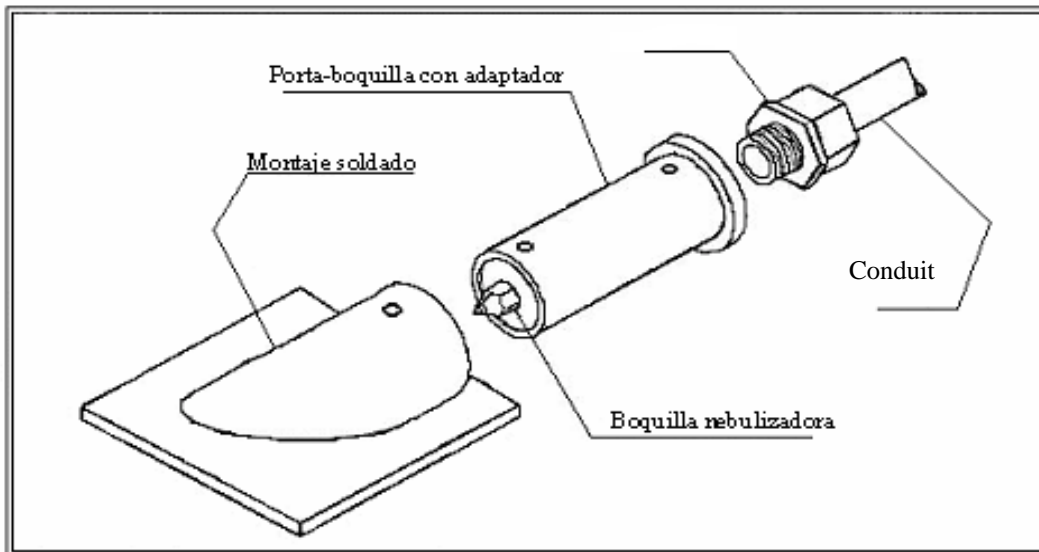


Fig. 48: Conjunto modular de boquilla.

Cabe destacar, que los sistemas de colección de polvos que funcionan en la planta de chancado, tienen una pauta de mantención programada, que se ejecuta semanalmente. Las necesidades de detención por imprevistos, varían según el modelo, esto quiere decir, que las detenciones por imprevistos y fallas en los equipos Rotoclone son mucho mayores a los equipos Aeromix. El funcionamiento de estos equipos alcanza un promedio anual de trabajo efectivo que se acerca al 84%, lo que hace que este rendimiento alcance el óptimo esperado por la Superintendencia de Mantenimiento.

Lo anteriormente descrito ha permitido reconocer no solo todos los componentes que conforman los sistemas de control de material particulado en la Planta de Chancado, sino también la importancia que tiene cada uno de los sistemas en la búsqueda y generación de propuestas de solución.

9. DISEÑO METODOLOGICO.

ASPECTOS METODOLÓGICOS TEÓRICOS.

La presente investigación se realizó siguiendo los patrones de una metodología experimental enfrentada a los paradigmas cualitativos y cuantitativos. En su primera etapa, donde se buscaba especificar las propiedades importantes del elemento de estudio, el material particulado, su comportamiento y situación actual, se utilizaron los paradigmas cualitativos y cuantitativos. Cualquier fenómeno que sea sometido a análisis, medición o evaluación, nos entrega una realidad comparable en el tiempo (cuantitativo), y una imagen instantánea en el espacio (cualitativo), las que se representan en el presente estudio a través de la información recopilada, su funcionamiento y características propias, asimilando una funcionalidad al objetivo final del estudio, para así obtener un detalle mas cercano a la realidad de la contaminación ambiental de Polvo de Sílice Cristalizada, en los período de mayor y menor presencia del contaminante al interior de la Planta de Chancado.

La investigación se aborda desde los paradigmas Cualitativo, Cuantitativo y Experimental que persigue un conocimiento sistemático, comprobable, comparable y medible. Todo desde la perspectiva de que los fenómenos y

eventos ambientales son observables. Este paradigma investigativo se basa en la búsqueda de la eficacia y el desarrollo de ideas para así mejorar el estado actual del foco de estudio y lo que en ella se genera. Centrada en los hechos observados directamente en el área. Por tanto, entenderemos por:

La Investigación Cualitativa es un paradigma conjunto de supuestos sobre la realidad, sobre como se conoce, los modos concretos, métodos o sistemas de conocer la realidad, el como la observamos, lo que existe y está en el lugar, en el hoy. Es la observación de los fenómenos de forma natural, sin restricciones. La investigación cualitativa no estudia la realidad en sí, sino como se construye la realidad, es comprender la realidad.

La **Metodología Cuantitativa** surge de las Ciencias Naturales, se basa en la realidad concreta u objetiva, determina resultados claros, medibles y exactos. Abarca el fenómeno en tal forma que pueda cuantificarse y la información recogida es traducida a números. La selección de los participantes es aleatoria, manteniendo cierta distancia del objeto con el propósito de no sesgar los resultados.

La **investigación experimental** consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el

fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Se trata de un experimento, porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas. ...“El sujeto en la investigación, es un ser capaz de despojarse de sus sentimientos, emociones y subjetividad, de tal forma que puede estudiar el objeto de Investigación, es decir, la relación entre el sujeto y el objeto. Los propósitos básicos del paradigma cuantitativo en la investigación, consisten en realizar mediciones y predicciones exactas del comportamiento del objeto de estudio, es decir buscan la objetividad. La búsqueda principal consiste en explicar las causas de los fenómenos ambientales ocasionados, confrontar teoría es, detectar discrepancias, analizar estadísticamente, establecer conexiones y generalizaciones...”⁶ La presente investigación es de carácter Cuantitativo, Cualitativo y Experimental, pues pretende conocer, las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino

⁶GarciaGaudilla,C,“Producción y transferencia de paradigmas teóricos en la educación socioeducativa”,Caracas, Fondo Editorial Tropykos, 1987, Pág. 29.

a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables además de cuantificar y describir las variables presentes en el estudio, investiga contextos que son naturales, o tomados tal y como se encuentran, acota la naturaleza del problema, define el problema y la población objeto. En este caso la caracterización del medio a desarrollar o el ambiente en que se desarrolla el elemento de estudio los período de mayor y menor contaminación de la Planta de Chancado se destaca los datos cuantitativos, su agrupación y orden de las informaciones recogidas según las variables del objeto de investigación, siendo presentados en cuadros estadísticos. El objetivo de este estudio en el que esta orientado esta tesis es presentar datos procesados y analizados previa clasificación y tabulación en la exposición de cuadros porcentuales.

Desde la observación natural, la planta de Chancado Secundario es un área del proceso de producción de cobre en la División El Teniente. En ella se manifiestan fenómenos de comportamiento ambiental que en ocasiones logran superar la Norma establecida, a pesar de todos los mecanismos de control de contaminación aplicados que posee. La metodología usada para explicar estos fenómenos, infiere una serie de resultados que nos indican que es posible concentrarse en un punto de emisión crítico y desde esa perspectiva, enfrentarlo y proponer a través del método experimental, una alteración significativa al proceso que nos permita

mejorar o disminuir las emisiones en ella. Los puntos más críticos enfrentados en la observación natural del problema, se encuentran en las conexiones de las correas transportadoras. Dentro de esta área, se enfocó la atención en la búsqueda de la Solución al problema de las emisiones fugitivas producto de las caídas de mineral desde las correas transportadoras entre niveles, y sus conexiones denominadas chutes, los cuales generan emisiones por la entrada y salida del mineral de estos componentes. Ahora bien, por disposición superior y razones de reestructuración interna, delimitación de funciones, cambios en la disponibilidad de trabajadores, y licitaciones en proceso al interior de la planta de chancado, las pruebas necesarias para la comprobación de los datos y la nueva realidad ante las recomendaciones sugeridas, quedará sujeta a la implementación de las modificaciones propuestas, las cuales serán detalladas mas adelante en el presente estudio.

ASPECTOS PRACTICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Inventario de Emisiones Planta de Chancado Secundario.

Tal como se señalara, las emisiones de material particulado son las sustancias que generan el mayor impacto en el medio ambiente y en el ser humano, y que para efectos del presente estudio, son asimiladas a los polvos de sílice cristalizada, que son los contaminantes de los cuales existen registros en las

instalaciones de la zona de estudio. Por ello es posible establecer, que dichos valores son la base para el nivel de contaminación de material particulado presente en el área de estudio. Los registros obtenidos sobre la presencia de polvo de sílice cristalizado, están a cargo de una empresa externa. La Empresa encargada por adjudicación concursable, es la Empresa CIMM (Centro de Investigación Minero y Metalúrgico). Con los datos recopilados en los últimos diez años, se permite conocer y construir una tabla de emisiones, considerando como datos válidos obtenidos de los resultados entregados por los informes de emisiones realizados por CIMM, en la Planta de Chancado Secundario a contar del año 2001.

Tabla N° 5: Emisiones según Informes CIMM:

	CHANCADO 2° COLON									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP	Si/LPP
C-201 1/2 CENTRO	4,10	1,06	4,23	0,80	0,67	0,64	0,72	4,92	2,53	s/m
C-203 1 HRO D	15,28	8,34	18,02	17,50	5,12	8,12	s/m	11,55	4,25	5,00
CARRO C-208	3,13	1,76	3,38	1,52	1,55	3,77	1,60	9,71	1,98	3,90
C-204 4/5	0,83	4,85	2,24	2,98	1,01	2,61	s/m	s/m	s/m	s/m
CHANCADORES 2°/3°	3,13	15,88	2,27	12,61	3,63	3,79	3,14	25,71	s/m	19,50
HRO 3° 2/3	2,93	2,90	1,53	2,63	0,00	3,85	2,70	s/m	s/m	4,80
PISO PPAL SUR	5,61	7,80	1,20	5,18	2,50	2,93	0,73	39,33	0,85	s/m
C-205/211 NTE	44,74	87,26	35,58	28,02	26,19	20,26	s/m	49,70	12,02	6,80
C-205/211 SUR	60,80	51,93	30,01	23,65	18,93	17,50	s/m	50,19	14,37	s/m
C-206 COLA	15,31	24,42	13,17	13,27	10,67	9,68	1,35	87,17	7,47	7,30
CORREA 103	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	0,84	39,34	6,25	2,20
PROMEDIO	15,59	20,62	11,16	10,82	7,03	7,32	1,58	35,29	6,22	7,07

En la Tabla N° 5: se puede apreciar el N° de veces que el Límite Permissible Ponderado es superado en Sílice según Decreto 594, el factor corregido es de 0.064 mg/m³.

Con los datos obtenidos, se generó una tabla de inventario correspondiente a los últimos 10 años realizadas por el Centro de Investigación Minero y Metalúrgico CIMM. Y que a continuación permite apreciar la relación entre el número de veces que se sobrepasa la norma y los correspondientes años asociados al muestreo, además de la tabla explicativa con sus respectivas emisiones por año.

TABLA N° 6: Número de veces que se supera la norma por años.

AÑOS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
LPP SI (mg/m ³) D.S. N° 594	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
Sílice emitido por año (mg/m ³)	0.99	1.32	0.71	0.69	0.45	0.47	0.1	2.26	0.39	0.45
N° veces que se supera la Norma	15,59	20,62	11,16	10,82	7,03	7,32	1,58	35,29	6,22	7,07

GRAFICO N° 1: Representación número de veces que se supera la Norma.



Incremento en la Producción Planta de Chancado Secundario.

Durante los últimos 5 años, y producto de una disminución en las leyes de mineral provenientes de la Mina, La planta de Chancado Secundario, ha debido incrementar la capacidad de proceso de mineral, para cumplir con los compromisos de producción adquiridos por la División. Este incremento en la cantidad de mineral, no se relaciona directamente con la cantidad de polvos fugitivos y con las emisiones al interior del área de estudio, ya que los factores que inciden en la mayor emisión, son el poco control sobre las explosiones producidas por la caída por gravedad del mineral en la Planta.

TABLA N° 7. Incremento de la Capacidad de Proceso..

AÑO	TONS AÑO	TONS MES	TONS DIA
2001	16.202.011	1.350.168	45.006
2002	17.064.281	1.422.023	47.401
2003	16.965.323	1.413.777	47.126
2004	16.686.441	1.390.537	46.351
2005	17.735.765	1.477.980	49.266
2006	16.799.477	1.399.956	46.665
2007	19.368.121	1.614.010	53.800
2008	20.240.337	1.686.695	56.223
2009	23.081.652	1.923.471	64.116

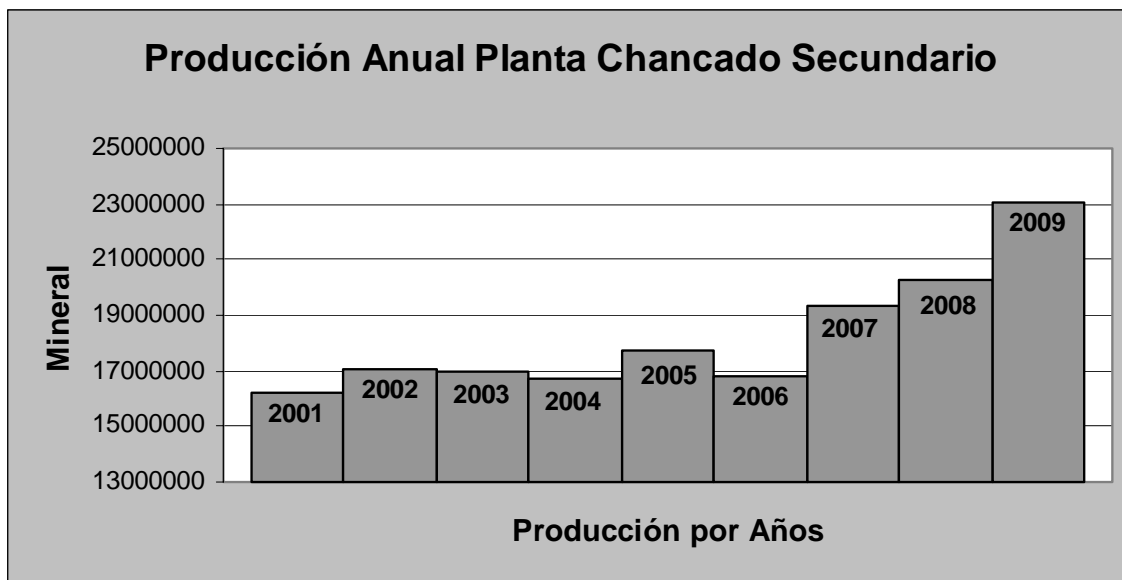


GRAFICO N° 2: Incremento de la capacidad de Proceso últimos 9 años.

Muestra comparativa últimos tres años Planta de Chancado.

Ahora bien, con efecto de demostrar la magnitud del problema en estudio se ha realizado el siguiente cuadro comparativo y que busca explicar el comportamiento de las mediciones realizadas en los distintos puntos de muestreo al interior de la planta, considerando la norma del Decreto Supremo N° 594, y la catalogación de los resultados de las emisiones obtenidas en el siguiente cuadro, donde se homologan las lecturas, a las estandarizadas en la División:

TABLA N° 8. Cuadro explicativo Catalogación para contaminante Sílice.

ACEPTABLE	TOLERABLE	INTOLERABLE
Menor que 0.050 mg/m ³	entre 0.050 mg/m ³ y 0.064 mg/m ³	Mayor que 0.064 mg/m ³

Según los datos obtenidos de los informes códigos:

DET - HI - 037 – 08, las tomas de muestras fueron realizadas los días 14, 16 y 20 de Mayo de 2008. **Ver Anexo1**

DET - HI – 218 – 08, las tomas de muestras fueron realizadas los días 12 y 14 de Enero de 2009. **Ver Anexo2**

DET - HI – 064 – 10, las tomas de muestras fueron realizadas el día 31 de Mayo de 2010.⁷ **Ver Anexo3**

Durante el año 2008, se encontraron un total de 25 puntos de tomas de muestras en el interior de la planta de chancado, 22 de ellos sobrepasaron el límite permisible ponderado para sílice de cuarzo cristalizada. El promedio total de veces que sobrepasó la norma es de 38.57 veces. Se encontraron como Moderado: un punto de muestreo. Tolerable: 2 puntos de muestreo. Critico Intolerable: 22 puntos de muestreo. El 88% de los puntos de muestreo están clasificados como Critico/Intolerable.

Durante el año 2009, se encontró de un total de 24 puntos de tomas de muestras en el interior de la planta de chancado, en 22 de ellos sobrepaso el límite permisible ponderado para sílice de cuarzo cristalizada en 4.85 veces como promedio total para los 24 puntos de muestreo, Aceptable: dos puntos de

⁷ Todos los informes DET, se incluyen en Anexo Tesis.

muestreo. Inaceptable: 22 puntos de muestreo. El 91.7% de los puntos de muestreo están clasificados como Inaceptables.

Durante el año 2010, un total de 15 puntos de tomas de muestras en el interior de la planta de chancado, en 14 de ellos sobrepaso la norma en 4.87 veces como promedio total para los 15 puntos Se encontró como Aceptable: 1 punto de muestreo. Inaceptable: 14 puntos. El 93% de los puntos de muestreo están clasificados como Inaceptables.

En definitiva, un análisis global de los últimos tres años sobre el comportamiento de las emisiones de polvo de sílice cristalizada se obtuvo la siguiente información:

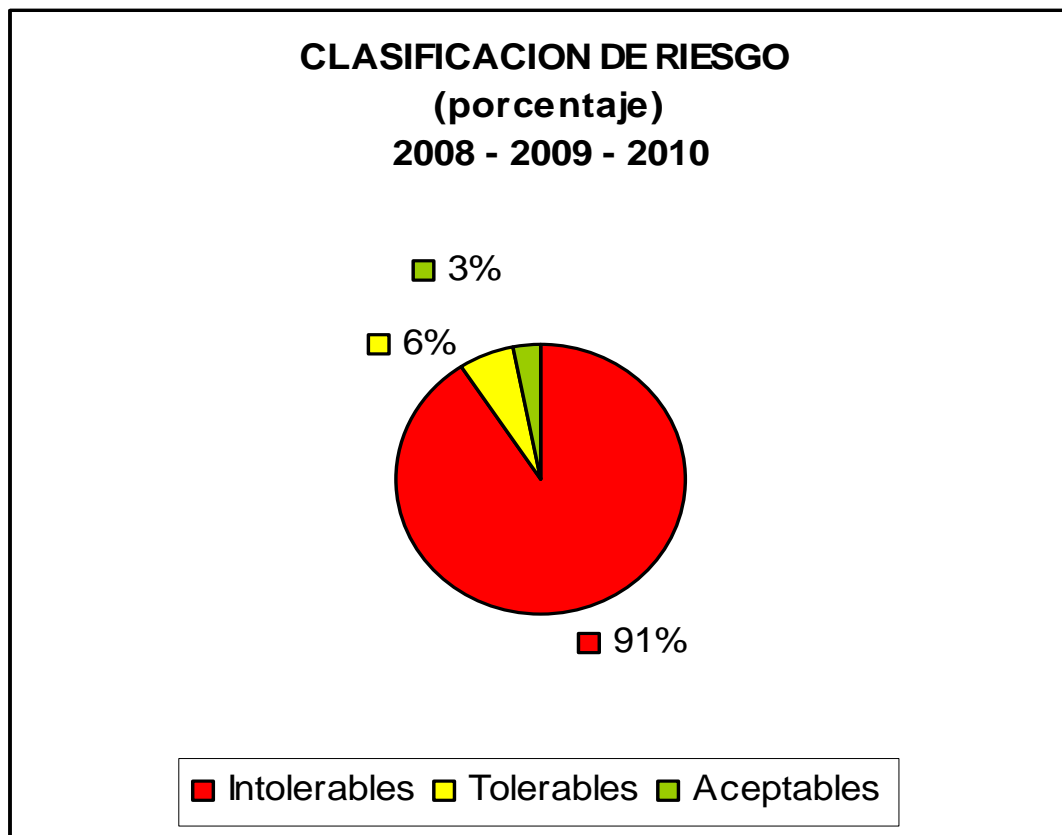
En los últimos tres años en 64 puntos de muestreo realizados en 58 de ellos **se sobrepasa considerablemente la norma de emisión para sílice de cuarzo cristalizada, alcanzando en total el 90.62% de los puntos de muestreo.** En 2 puntos de muestreo se encuentran resultados tolerables, es decir, la presencia del contaminante en particular en presencia entre el 80% y 100% del Limite Permisible Ponderado, lo que equivale al 3.13% de los puntos de muestreo. Aceptable según el DS 594 art. 60 en cuatro puntos de muestreo, lo que equivale al 6.25% del total.

TABLA N° 9: Cuadro de resultados 2008 – 2009 - 2010.

CLASIFICACION	ACEPTABLE	TOLERABLE	INTOLERABLE	TOTAL PUNTOS
2008	1	2	22	25
2009	2	0	22	24
2010	1	0	14	15
TOTAL	4	2	58	64
%	6,25	3,13	90,62	100

ACEPTABLE	TOLERABLE	INTOLERABLE
Menor que 0.050 mg/m ³	entre 0.050 mg/m ³ y 0.064 mg/m ³	Mayor que 0.064 mg/m ³

En definitiva, la sumatoria de puntos de muestreo registrados y contabilizados, permiten identificar los niveles aceptables, tolerables e intolerables, dando origen al siguiente gráfico, el cual refleja el comportamiento de los puntos de muestreo y el alto porcentaje de ellos que se encuentra fuera de la Norma de Emisión, expresada en el Decreto Supremo N° 594.

GRÁFICO SEGÚN CLASIFICACION DE RIESGO.**GRAFICO N° 3.** Clasificación de Riesgo D.S. 594.

Ahora bien, la intorelabilidad es tan relevante, que se dispara en relación a los niveles de tolerable y aceptable, representación que se visualiza por año en el grafico N° 4. Aquí se puede apreciar la enorme diferencia entre Aceptable, Tolerable e Intolerable de los últimos 3 años, en relación al número de puntos de muestreo por año.

TABLA N° 10: Muestreo últimos 3 años, Planta Chancado Secundario.

AÑOS	2008	2009	2010
PUNTOS DE MUESTREO ACEPTABLES	1	2	1
PUNTOS DE MUESTREO TOLERABLES	2	0	0
PUNTOS DE MUESTREO INTOLERABLES	22	22	14
TOTAL PUNTOS DE MUESTREO	25	24	15

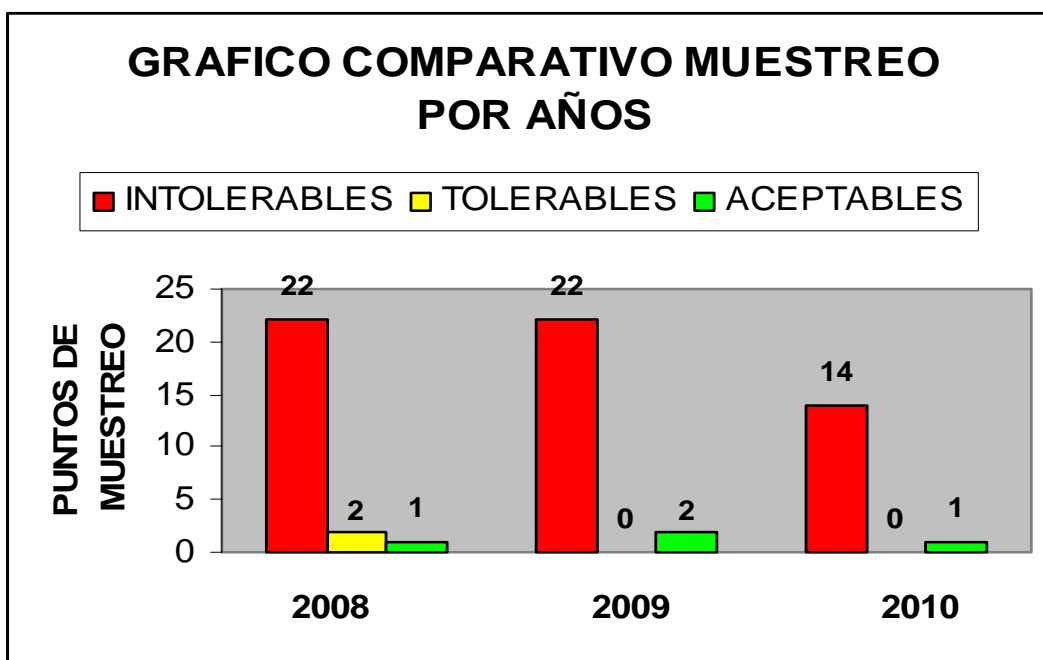


GRAFICO N° 4: Clasificación de riesgo, últimos 3 años.

Cabe destacar que la cantidad de puntos por año, es determinada por la o las personas encargadas de establecer la muestra representativa, según las condiciones existentes al momento de ésta. Puede apreciarse que en los últimos

años, el comportamiento representativo mantiene la tendencia de intolerabilidad frente a los LPP. De acuerdo a los puntos de muestreo, un aspecto vital de reconocer son aquellos que generaron el mayor incremento en el traspaso de la Norma. En estas mediciones, se pudieron asociar las mayores emisiones, a aquellas realizadas en la proximidad de algunos componentes del sistema denominados: CHUTES.

Área Crítica de Emisión de Material Particulado.

Los Chutes son estructuras metálicas destinadas a proteger la zona de intercambio de mineral entre niveles, entre correas o entre series de cambio harneros-chancadores. Cada chute, esta diseñado a la medida de las instalaciones y contempla una infraestructura metálica de aproximadamente ½” de espesor, la que recubre los puntos en donde termina la correa transportadora y sirve para proteger, aislar y mantener la carga cubierta cuando ésta se encuentra en maniobras de traspaso o esta en movimiento constante. Por el tipo de función que tienen estos componentes, podemos decir que existen principalmente dos tipos de chutes en las instalaciones de nuestro chancador secundario, estos son los Chutes de Carga y los Chutes de Traspaso. El total de chutes en la Planta son 84. De este total, se evaluaron 20, por disponer de sus mediciones y reflejar el

momento crítico de emisiones. Cabe destacar que en el proceso primero están los chutes de carga y luego los chutes de traspaso.

Chutes de Carga: son los Chutes que se encuentran al final de la correa alimentadora que traen el mineral desde el interior de la Mina a través del Ferrocarril Teniente 8, que deposita su carga sobre estas correas alimentadoras, que transportan la carga y vacían en los chancadores desde los niveles superiores, los cuales alimentan el chancador por caída desde distinto nivel, protegiendo la infraestructura y evitando la caída del mineral hacia el exterior del embudo captador del chancador. Las dimensiones de estos chutes varían según la posición, el lugar de instalación y la infraestructura de soporte de los elementos a aislar. En total son 48 chutes de carga en la Planta.



Fig. 49: Chute de Carga Correa 110.

Chutes de traspaso: Éstos están al interior de la Planta y son recubrimientos metálicos cerrados que cubren la caída del mineral desde el final de la correa transportadora y hasta el siguiente nivel donde sigue el traslado del mineral. Este siguiente nivel puede ser, según la ubicación y según el tipo de traspaso, otra correa, ante lo cual el chute cumple la función de proteger y amortiguar el impacto causado por el vaciado del mineral, con el objeto de proteger las instalaciones, las personas y minimizar el impacto producido por la explosión de polvos en esta acción. La función de este chute de traspaso es la de cambiar la circulación del mineral desde un nivel superior a un nivel inferior, lo cual determinará hacia donde es necesario desviar el flujo y hacia donde continúa el proceso de Chancado.



Fig. 50: Vista Frontal Chute de Traspaso Correa 103.

Los chutes, tanto de descarga como de traspaso, tienen diferentes medidas ya que cada uno de ellos debe adaptarse a los requerimientos del terreno y de la distribución de los elementos a combinar. La fabricación de estos elementos, se realiza por encargo y los proveedores de estos son empresas de siderurgia metalmeccánica que ofrecen los diseños y construcción según exigencias de las Empresas que solicitan los Servicios.

Los chutes, poseen dos puntos críticos en cuanto a las explosiones de MP. Estos puntos se concentran en las áreas de acceso y salida a él, esto quiere decir, un ala corresponde al sector donde se recibe la carga, que llamaremos cabeza, este sector esta diseñado para cubrir la zona donde llega el mineral y se produce producto de la caída de este por gravedad, originando la primera explosión de polvo en el proceso de traslado del mineral. Al interior del chute, existe un revestimiento que recubre el interior y sirve para amortiguar el golpe de la carga y proteger la infraestructura con el fin de prolongar la vida útil del metal. Luego de esta amortiguación, el chute conduce el mineral hacia el nivel inferior, el cual llamaremos cola. En la cola del chute se produce la segunda explosión de MP. Esta explosión se produce nuevamente por efecto de la descarga por gravedad. Son precisamente en estos puntos donde la emisión de material particulado se vuelve crítica, es decir, en los chutes es donde están las explosiones de MP en la

Planta de Chancado. La distribución de estos componentes es en todas las áreas de la Planta y se encuentran en correas de traspaso, de distribución, en zonas de carga y alimentación y harneado.



Fig. 51: Vista Superior chute traspaso Correa 102.

Cabeza del Chute.

Cabeza del chute, es el lugar por donde llega el mineral, o lado superior del equipo, ya que es por este sector donde se descarga el mineral y ocurre la primera explosión de MP. Es en este lugar en donde existe una de las mayores acumulaciones de polvo, las dimensiones de la cabeza, dependerá en cada caso, de su ubicación, ya que cada chute posee características diferentes en su construcción.



Fig. 52: Cabeza de Chute.

Cola del Chute.

Al lado opuesto de la cabeza, se encuentra la cola del chute, y es uno de los puntos críticos sobre los cuales debemos trabajar, que es justamente el punto de descarga del material, donde ocurre la segunda explosión de MP, este punto se ubica un nivel inferior de la cabeza, ya que como se ha mencionado, este equipo cumple funciones de traspaso, control y seguridad de los puntos de intercambio de mineral. Las colas de los chutes, también poseen características diferentes, ya que su diseño, es adaptativo al sitio en que se ubican. A continuación ilustramos una cola de chute localizada en la correa 102.



Fig. 53: Cola de chute de correa 102.

Existen 20 chutes en el chancador secundario terciario que presentan características de emisiones críticas en la faena.

Es en estos puntos que se fundamentan la atención y la aplicación de las mediciones de material particulado emitido en ambos puntos de los chutes, es decir, sector cabeza y sector cola, que junto con identificarlos permitirá generar alguna propuesta para reducir estas explosiones y controlar en parte las emisiones generadas al interior del recinto.

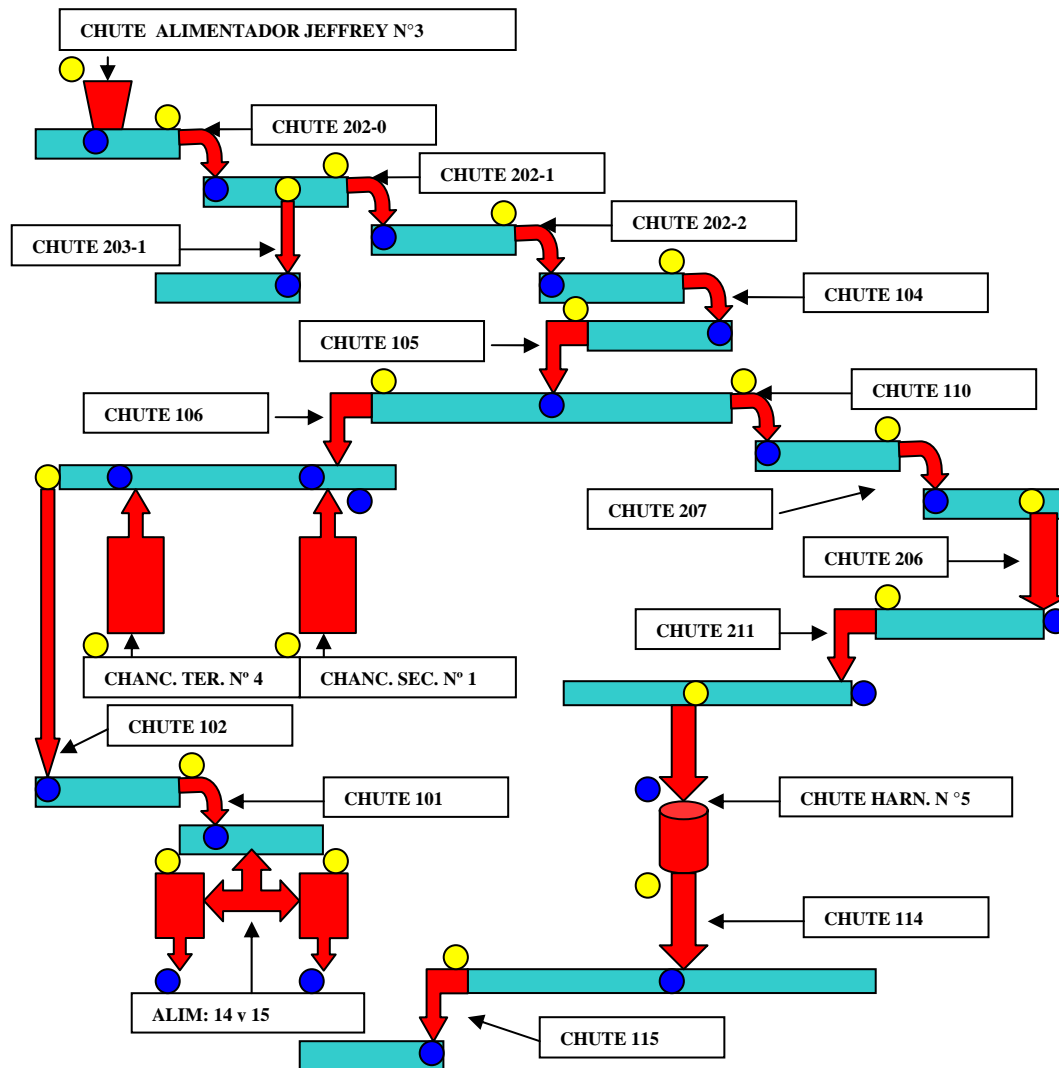
Estado de las Emisiones en los chutes.

Al observar los puntos de emisión de particulado en ambos lados del chute (cabeza y cola), se identificó primeramente aquellos chutes donde la explosión de MP se destaca y es visible. Las mediciones realizadas fueron en aquellos chutes representativos del total de los existentes en la Planta, evaluándose las emisiones emitidas. Los sectores identificados en cuanto a explosión de particulado son:

TABLA N° 11: Chutes de mayor emisión de particulado.

PUNTOS DE MEDICION CHUTES PLANTA DE CHANCADO	
Chute Correa 101	Chute Correa 202-2
Chute Correa 102	Chute Correa 203-1
Chute Correa 104	Chute Correa 206
Chute Correa 105	Chute Correa 207
Chute Correa 106	Chute Correa 211
Chute Correa 110	Chute Alimentación Chanc. Secundario N° 1
Chute Correa 114	Chute Alimentación Chanc. Terciario N° 4
Chute Correa 115	Chute Alimentación Harnero N° 5
Chute Correa 202-0	Chute de Transf. Alimentadores 14 y 15
Chute Correa 202-1	Chute Alimentación Cargador Jeffrey N° 3

DIAGRAMA DE FLUJO CHUTES CRITICOS



● Indica Cabeza del Chute.

● Indica Cola del Chute.

Así, en una primera aproximación, estos chutes son los que generan las explosiones de mayor particulado en suspensión en el proceso de Chancado de material y se busca conocer con mayor propiedad la contaminación que se genera, además que seis de ellos no poseen sistema de captación de polvos, puesto que su construcción fue posterior a la instalación de los colectores.

Las mediciones en la Planta de Chancado Secundario Terciario en los puntos anteriormente descritos fueron realizadas con bombas gravimétricas, marca Gilian modelo RFI números 200705010001, y correlativamente hasta el N° 200705010020. El instrumento utilizado en la calibración de las bombas succionadoras fue un Calibrador electrónico de burbujas Sensidyne/Gilian# 800271-2 GILIBRATOR s/n Celda: 1003014-S. En el muestreo las mediciones fueron coordinadas con el Superintendente Proceso Convencional Teniente y realizadas el día martes 17 de agosto del presente año.

La medición se realizó, en un periodo de tiempo de 8 horas en cada punto de explosión de polvos en los chutes identificados como de alta emisión.

Las bombas fueron instalados en la boca de vaciado o la cabeza del chute, al exterior de éstas, y permanecieron sujetas a la estructura con amarras plásticas y con el colector a 40 cm. de la boca de vaciado, por ese Sector. La segunda muestra, fue tomada en la cola del chute, es decir en el lado inferior de la estructura y sujetas del mismo modo a la estructura con el filtro colector a una

distancia aproximada de 40 cm. de la cola, también por un periodo de tiempo de dos horas.

De acuerdo a lo establecido en el D.S. 594, el límite permisible ponderado para la fracción respirable de sílice cristalizada de cuarzo, a nivel de mar, es de 0.08 mg/m³. Como en el caso de estudio, la Planta se encuentra a 1920 m.s.n.m, se requiere aplicar el factor de corrección de altura enunciado en el Artículo 63 del D.S. 594:

...”Cuando los lugares de trabajo se encuentran a una altura superior a los mil metros sobre el nivel del mar, los límites permisibles absolutos, ponderados y temporales expresados en mg/m³ y en fibras/cc, establecidos en los artículos 61 y 66 del presente reglamento, se deberán multiplicar por el factor “F_a” que será el resultado de la aplicación de la siguiente fórmula, en donde “P” será la presión atmosférica local medida en milímetros de mercurio...”

$$F_a = \frac{P}{760}$$

Donde la presión atmosférica local medida es de 605 milímetros de mercurio,⁸ de cuya aplicación a la fórmula obtenemos:

$$F_a = \frac{605}{760} = 0.8 \times LPP \quad (0.8 \times 0.08 = 0.064 \text{ mg/m}^3)$$

⁸ Medido con Instrumento digital mod. WS-110 Fab. China. Precisión +/-1.5 hPa.

En consecuencia, el límite permisible ponderado máximo resuelto de la aplicación del factor de corrección enunciado en el DS 594 para polvo de sílice de cuarzo cristalizada para el Área de Colon Alto, será de un **máximo de 0.064mg/m³**.

CONDICIONES DE OPERACION.

El día 17 de Agosto del presente año. La Planta de Chancado Secundario, operó en forma continua desde las 08:00 y hasta las 20:00 horas en tiempos dentro de los cuales fueron tomadas las muestras. La capacidad máxima de proceso de la planta es de 90.000 ton/día y se encuentra procesando en forma diaria una cantidad aproximada media a las 66.000 ton/día, lo que implica que la capacidad actual de trabajo de la Planta de Chancado es de un 73.3 % de su capacidad total⁹. Sin embargo, dadas las proyecciones de crecimiento de proceso de material, la capacidad ociosa de la Planta, está contemplada para los futuros procesos de expansión y aumento de producción, según extracto de PDT: Plan de Desarrollo Teniente, pagina 22, año 2000. .

⁹ Archivos Planta Chancado Secundario Colon (2010).

10. RESULTADOS DE LA MEDICION.

Tal como se señalara, la medición fue efectuada en el mes de Agosto del presente año y los resultados obtenidos corresponden a condiciones ambientales similares a las ocurridas durante todo el mes citado.

Los puntos de medición fueron seleccionados según el criterio de visualizar aquellos sectores en donde las explosiones fugitivas de particulado eran visibles con mayor proporción a otros puntos.

Cabe destacar, que las instalaciones y el personal de trabajo del día, tuvieron una participación en esta medición, tal que, sus actividades no impactaron de ningún modo directo o indirecto a los resultados de las mediciones, ya que, como se citó previamente, las operaciones no sufrieron de alteración alguna por factor de operación.

Los 20 puntos seleccionados y los estados de estos al momento de la medición, no registraron cambios de mantenciones o reparaciones mayores en ninguno de ellos.

La toma de muestras y los resultados de estas, se presentan en la siguiente tabla.

TABLA Nº 12: Medición en chutes y sus valores en Cabeza o Cola.

MEDICIONES TOTALES	EMISIONES mg/m3	
	CABEZA	COLA
CHUTE CORREA 101	0.23	0.31
CHUTE CORREA 102	0.044	0.03
CHUTE CORREA 104	0.054	0.062
CHUTE CORREA 105	0.031	0.059
CHUTE CORREA 106	0.035	0.062
CHUTE CORREA 110	0.059	0.055
CHUTE CORREA 114	0.044	0.058
CHUTE CORREA 115	0.44	0.063
CHUTE CORREA 202-0	0.08	0.06
CHUTE CORREA 202-1	0.02	0.03
CHUTE CORREA 202-2	0.46	0.51
CHUTE CORREA 203-1	0.32	0.42
CHUTE CORREA 206	0.47	0.51
CHUTE CORREA 207	0.061	0.062
CHUTE CORREA 211	0.44	0.40
CHUTE ALIMENTACION CHANCADOR SECUNDARIO 1	1.25	1.19
CHUTE ALIMENTACION CHANCADOR TERCARIO 4	0.30	0.20
CHUTE HARNERO Nº 5	0.31	0.38
CHUTE TRANSFERENCIA ALIMENTADORES 14 Y 15	0.11	0.21
CHUTE ALIMENTADORES JEFFREY 3	0.11	0.32

Fuente: Medición CIMM, Fecha 17 de Agosto de 2010.



MEDICION SOBREPASADA O INTOLERABLE.



MEDICION ENTRE EL 80% Y EL 100% DEL LPP, O TOLERABLE.



MEDICION ACEPTABLE

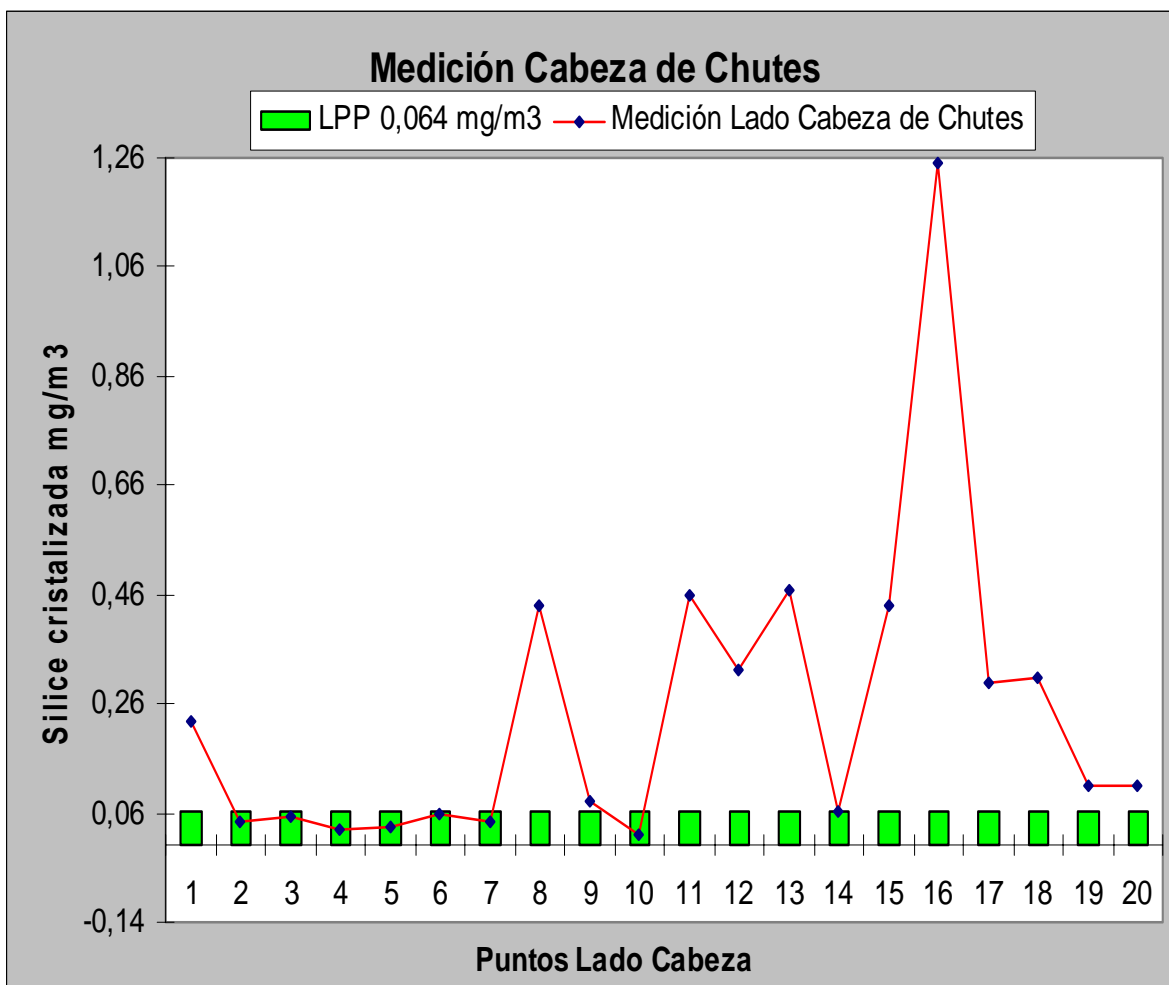
Ahora bien, como los chutes presentan distinto comportamiento, según sea cabeza o cola, el siguiente gráfico, expresa las mediciones en forma individual por cabeza de chute, comparándolas con el LPP. (Cabe recordar que la norma máxima de emisión es de 0.064 mg/m³)

TABLA N° 13: Medición en Chutes por Cabeza y en relación a la Norma.

MEDICIONES LADO CABEZA CHUTES					
Punto	Ubicación	mg/m3	Punto	Ubicación	mg/m3
1	CHUTE CORREA 101	0,23	11	CHUTE CORREA 202-2	0,46
2	CHUTE CORREA 102	0,044	12	CHUTE CORREA 203-1	0,32
3	CHUTE CORREA 104	0,054	13	CHUTE CORREA 206	0,47
4	CHUTE CORREA 105	0,031	14	CHUTE CORREA 207	0,061
5	CHUTE CORREA 106	0,035	15	CHUTE CORREA 211	0,44
6	CHUTE CORREA 110	0,059	16	CHUTE ALIMENT CHANCADOR SEC.1	1,25
7	CHUTE CORREA 114	0,044	17	CHUTE ALIMENT. CHANCADOR TER. 4	0,3
8	CHUTE CORREA 115	0,44	18	CHUTE HARNERO N° 5	0,31
9	CHUTE CORREA 202-0	0,08	19	CHUTE TRANSF. ALIMENT. 14 Y 15	0,11
10	CHUTE CORREA 202-1	0,02	20	CHUTE ALIMENTADORES JEFFREY 3	0,11

Fuente: Medición CIMM fecha 17 de Agosto de 2010.

GRAFICO Nº 5 Representación gráfica de medición en Chutes por cabeza y en relación a la norma.



Fuente: Tabla Nº 13, según datos del CIMM del 17 de Agosto de 2010.

Así, en este gráfico se puede visualizar claramente, que en el 60% de los Puntos, la Norma de emisión para material particulado de polvo de Sílice Cristalino es sobrepasada. En definitiva, se concluye que las mediciones en la Planta de Chancado y en los chutes, se encuentra operando fuera de la Norma. A

continuación se presenta la realidad de las medidas realizadas en la cola de los mismos chutes.

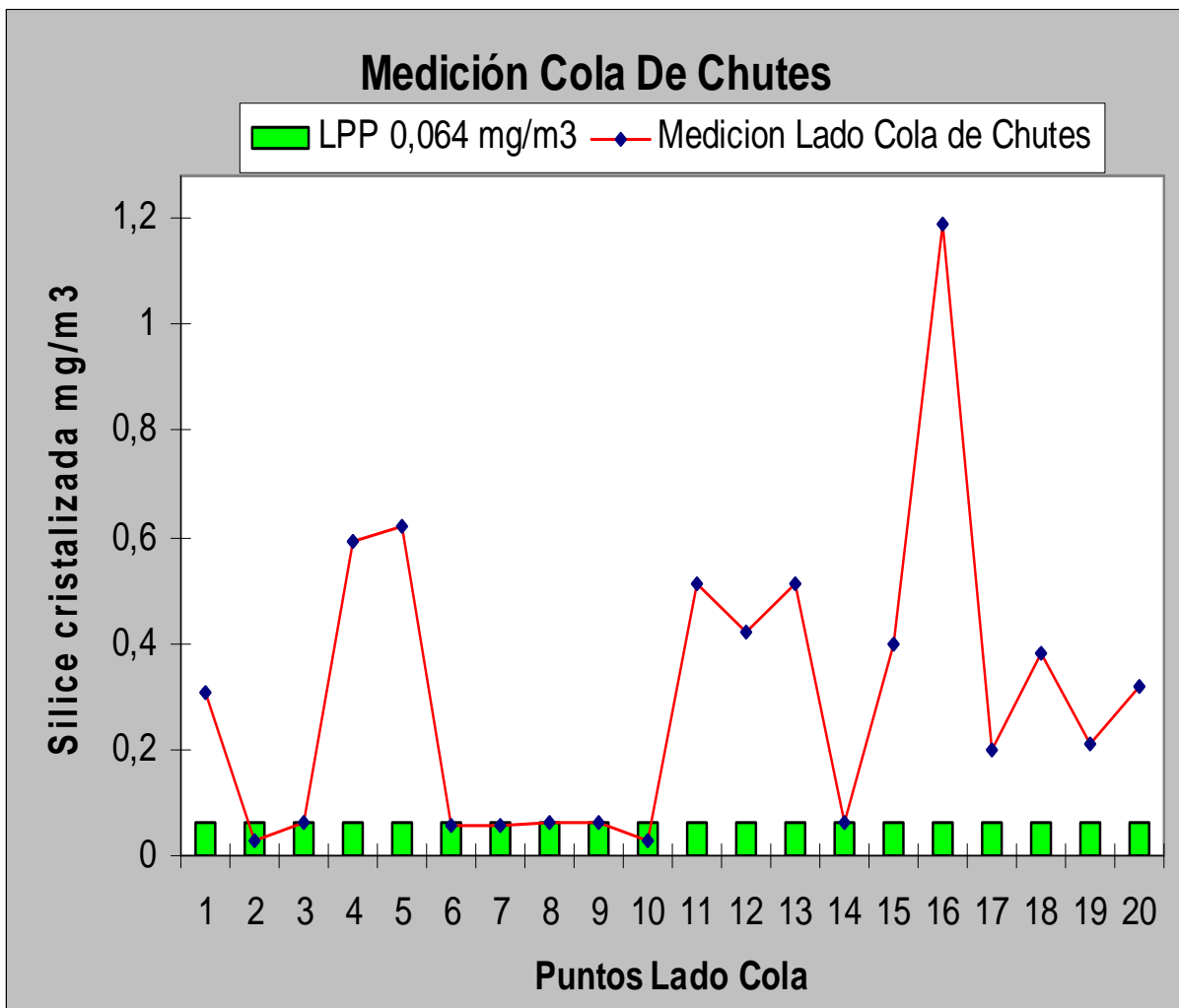
La tabla N° 14 y el grafico N° 6, muestran el comportamiento de las mediciones atendiendo por unidad y nos muestra el comportamiento de las emisiones comparadas del lado Cola de los chutes, versus el LPP.

Tabla N° 14. Medición en Chutes identificados en Cola y en relación a la norma.

MEDICIONES LADO COLA CHUTES					
Punto	Ubicación	mg/m3	Punto	Ubicación	mg/m3
1	CHUTE CORREA 101	0,31	11	CHUTE CORREA 202-2	0,51
2	CHUTE CORREA 102	0,03	12	CHUTE CORREA 203-1	0,42
3	CHUTE CORREA 104	0,062	13	CHUTE CORREA 206	0,51
4	CHUTE CORREA 105	0,59	14	CHUTE CORREA 207	0,062
5	CHUTE CORREA 106	0,62	15	CHUTE CORREA 211	0,4
6	CHUTE CORREA 110	0,055	16	CHUTE ALIMENTACION CHANCADOR SEC. 1	1,19
7	CHUTE CORREA 114	0,058	17	CHUTE ALIMENTACION CHANCADOR TER. 4	0,2
8	CHUTE CORREA 115	0,063	18	CHUTE HARNERO N° 5	0,38
9	CHUTE CORREA 202-0	0,06	19	CHUTE TRANSF. ALIMENT. 14 Y 15	0,21
10	CHUTE CORREA 202-1	0,03	20	CHUTE ALIMENTADOR JEFFREY 3	0,32

Fuente: Medición CIMM fecha 17 de Agosto de 2010.

GRAFICO N° 6 Representación gráfica de medición en Chutes por Cola con respecto a la norma.



Fuente: Tabla N° 14: Medición CIMM fecha 17 de Agosto de 2010.

Así se puede apreciar que en el 60% de los puntos observados con contaminación, se supera la norma de emisión establecida en el Decreto Supremo 594 (máximo 0.064 mg/m³).

En concreto, las emisiones por explosión en los chutes, es mayor que las existentes en el interior de la planta. Ahora bien, en los chutes, la emisión por la cola o la cabeza, no presenta una desviación significativa entre los valores, lo que indica, que la presencia de polvos fugitivos en los chutes, depende de factores que no tienen relación con si es el lado cabeza o cola, tal como se ha demostrado en las mediciones realizadas.

Sin embargo, y en definitiva, se puede concluir que los valores que se obtuvieron, sobrepasan en alta proporción el límite permisible, tal como se registran las mediciones de los datos históricos, reflejando la realidad que se vive en las instalaciones de la Planta de Chancado.

11. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

A través de la revisión bibliográfica, antecedentes revisados y analizados en el transcurso del presente estudio, permiten concluir que:

- La legislación laboral, establece en materia de seguridad y salud ocupacional, las exigencias básicas a las empresas sobre los implementos, accesorios, equipos y herramientas, para desempeñar una tarea en forma segura. Además establece los requerimientos sobre las condiciones de trabajo, y los máximos niveles permitidos para la emisión y concentración de contaminantes y para regular la exposición de los trabajadores. La principal ley que regula estas condiciones es el decreto supremo N° 594 del año 1999. D.S.594/99. En materia ambiental, la legislación establece los niveles máximos y mínimos permitidos para la emisión de particulado y gases. Estos niveles están regulados por los D.S.185/92 y D.S. 45/01.

- Dentro del proceso productivo ampliamente desarrollado en este estudio, se destaca la emisión de material particulado en la Planta de Chancado Secundario de Colon Alto, División EL TENIENTE.
- El inventario de emisiones construido demostró que el aumento o disminución de las emisiones en la planta de chancado, no está condicionado por el aumento en la capacidad de proceso, ya que a contar del año 2006 aumentó la producción, sin embargo, las emisiones no siguieron esa tendencia.
- Las explosiones de polvo ocurren en diferentes sectores o áreas. Según la observación se pudo identificar las explosiones producidas en cabezas de los harneros, las producidas en las cabezas y colas de los chancadores y las producidas en las correas transportadoras y en los chutes.
- Las emisiones explosivas generadas en la Planta de Chancado provienen en gran parte de los chutes, en su interior se produce la caída por gravedad de la carga, generando gran cantidad de polvo en suspensión.

- El proceso de chancado, conlleva un elevado consumo energético y de recursos, entre otros, el mismo mineral, que no es renovable, y que por la envergadura de todas sus instalaciones y los componentes que utiliza para moler, transportar y acopiar el mineral, desencadena un impacto económico, social y ambiental. En lo económico, se destaca el alto consumo de energía eléctrica, lo que representa el principal costo productivo de las instalaciones. Las que en promedio alcanzan los 4,5 millones de KW/H por mes. En lo social, se destaca la necesidad de mano de obra especializada, para supervisar y ejecutar tareas en sus procesos. Y lo ambiental, donde la empresa tiene una política clara y definida con respecto al tema y la necesidad de reconocer el impacto que genera el particulado en las personas que trabajan en ella, como en el medio ambiente.

EN TAL SENTIDO SURGEN LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:

El problema identificado en la Planta de Chancado de la División El Teniente, es la contaminación producida por la alta emisión de particulado, y se hace necesario avanzar en la búsqueda de soluciones tanto desde una visión global, como también identificando problemas puntuales.

Así, en el presente estudio, se detectó que uno de los principales focos de emisión de particulado por explosión fugitiva, son las que ocurren en la zona de los chutes. Estos componentes están diseñados para conectar el mineral entre correas, y es en estas conexiones donde ocurren las explosiones mayores. Por ello, y analizado el comportamiento de los chutes como los puntos de explosión y generación de la mayor cantidad de particulado dentro del proceso, se recomienda considerar las siguientes medidas y o propuestas que fueron aplicadas en forma de prueba:

ASPECTOS A CONSIDERAR DESDE LOS PRINCIPIOS DE GESTIÓN.

Los mecanismos de gestión involucrados en el tema de estudio deben considerar lo siguiente:

- El tomar conocimiento del problema de estudio, es una necesidad que concierne tanto a los trabajadores, la estructura administrativa, y los profesionales capaces de encontrar solución al problema. En definitiva,

propiciar la identificación y potenciales soluciones, es parte de todos los estamentos de la Planta de Chancado.

- Una gestión activa considera que las personas con conocimiento y competencias del problema de estudio, sean capaces de generar propuestas de solución en forma activa. Por lo cual, debiera contemplarse por parte de los estamentos superiores, la importancia de estas propuestas.
- Que los trabajadores del área de estudio, que sean capaces de identificar el problema, formen también parte del equipo que generen las bases para las soluciones del problema.
- La gestión deberá considerar que los recursos disponibles, son también los trabajadores capaces de identificar y vivenciar los problemas detectados.
- La Gerencia de Plantas de la División El Teniente, debiera establecer un sistema de disponibilidad de recursos básicos, tanto para la identificación, medición y pruebas de solución, ante un problema detectado.

- Considerar la importancia de generar un sistema de procesos que permita la identificación, implementación, solución, control y seguimiento de un problema, que conlleve un sistema de registro y actores asociados que funcionen como sistema y no segmentada en forma vertical. Lo anterior, permitirá el involucramiento de los actores que trabajan en el área y que son los responsables de las actividades.
- Generar un programa de capacitación basado en el conocimiento socializado de los componentes naturales impactados por la actividad de la Planta de Chancado, con el fin de generar compromiso en la elaboración de propuestas, y medidas de control del medioambiente que constituye parte de su sistema laboral.
- En el caso específico de la planta de chancado, generar un modelo de seguimiento del impacto a los componentes naturales por efecto de la actividad propia de la planta de chancado.
- Dar a conocer y capacitar los impactos en las personas de los efectos que ocasionan en los componentes naturales del medio ambiente, tanto para su trabajo, como para sus condiciones de vida.

- Realizar un programa continuo sobre los efectos de la exposición al polvo de sílice cristalizado, el que deberá contemplar, entre otras cosas, el uso de los elementos de protección personal, causas y efectos de la exposición sin protección al contaminante en particular, efectos físicos y sociales de la enfermedad.
- Se deberán crear los espacios de participación necesaria, para que todos los trabajadores del área puedan participar activamente en la búsqueda de soluciones al problema del particulado.

PROPUESTAS PARA LA DISMINUCIÓN DEL PARTICULADO POR EFECTO DE LOS CHUTES.

- Implementar un sistema de registro de valores de emisión de particulado que permita disponer de información continua sobre la contaminación emitida por los chutes en los lados cabeza y cola. Este sistema, permitirá monitorear y analizar los informes para aplicar posibles soluciones.
- Reconocer y evaluar todos aquellos elementos que se encuentran destinados a controlar la emisión de particulado en los chutes.
- Establecer el punto de mayor eficiencia en los chutes en relación al tema de estudio, de manera de poder estandarizar los sistemas de control y mantención para todos los demás componentes del sistema.
- Una alternativa técnica a considerar, para la reducción de los contaminantes en los puntos de emisión críticos, es el aislamiento mediante algún medio físico, es decir, alguna tela o plástico resistente a los contaminantes presentes en el MP, algún elemento o compuesto plástico de características similares, que permitan confinar estas explosiones y

entreguen la posibilidad al mismo tiempo de coleccionar MP antes que las partículas alcancen el medio al interior de la Planta. Esta alternativa técnica, consiste básicamente en confinar, mediante una estructura metálica, el sector donde se produce el traspaso de mineral, vistiéndolo luego esta estructura con un material que cumpla las características requeridas para realizar esta función. Una vez estructurado el aislamiento, deberá reforzarse esta confinación con una extensión del sistema de captación, para coleccionar las emisiones y contribuir a la disminución de MP deseado.

Ahora bien, a partir de los componentes de un chute, es posible establecer las siguientes recomendaciones:

SUPRESORES.

Los supresores, son dispositivos que se encuentran instalados en el circuito de correas con la finalidad de humedecer el material a través de boquillas presurizadas, creando lluvia seca, la que tiene como objetivo, capturar las moléculas de polvo para minimizar las explosiones al interior de los chutes. En este sentido se recomienda:

- Es posible realizar una reingeniería en la instalación de los supresores para lograr un mejor resultado, optimizando la lluvia seca. La línea de supresores de polvo en uso, debiera diseñarse de tal manera que cumpla con el objetivo de disminuir el efecto de polvo en suspensión y evitar la acumulación de polvo solidificado en los chutes (atollo), optimizando el trabajo de los colectores alcanzando el máximo de eficiencia, lo que dependerá de la ubicación y su correcto funcionamiento.
- Cabe recordar, que los supresores de polvo, logran su máxima efectividad en condiciones de encerramiento de los polvos fugitivos. Es decir, que solo logran su máxima efectividad, cuando el lugar donde son instalados, está lo suficientemente aislado del medio externo.

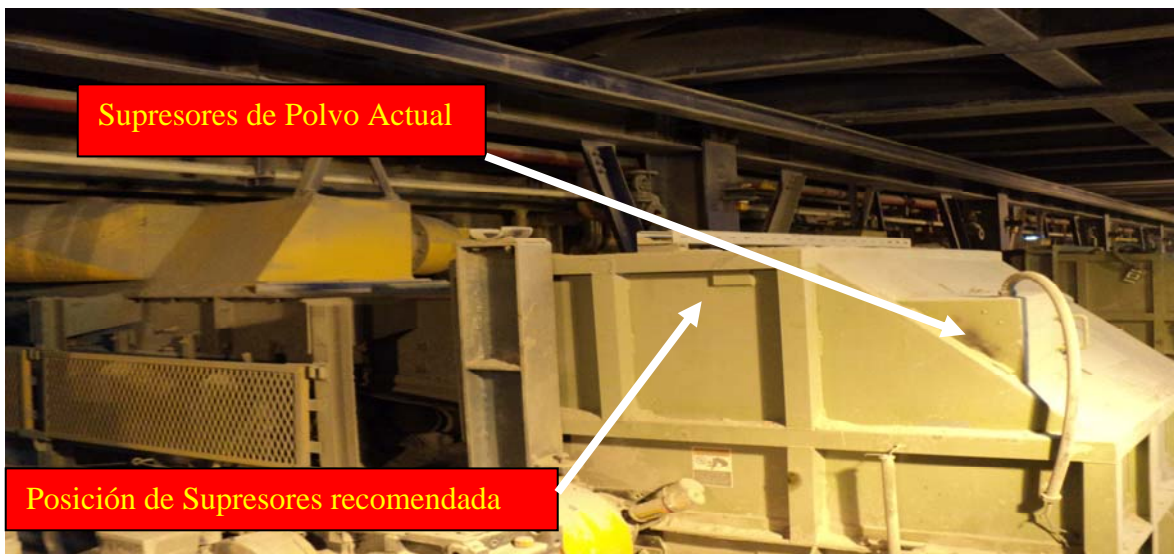


Fig. 54. Reubicación de supresores en chute.

- Durante el desarrollo de este trabajo investigativo, pudimos comprender y observar que a mayor humedad de la carga, menor es la emisión de particulado, ya que el polvo en suspensión es atrapado por las moléculas de agua, las cuales impiden que este se mantenga en el aire, contaminando el entorno laboral.

ASPERSORES.

- Si bien el tema de estudio son las emisiones producidas por los chutes, se debe considerar que para disminuir el polvo fino en los circuitos de correa, se recomienda instalar **aspersores** de agua sobre las líneas de correas, los cuales tendrán la misión de mojar la carga mientras se encuentre en desplazamiento la correa, lo que hará disminuir la emisión de polvos fugitivos durante la etapa de transporte y traslado del material. Se deberá tener el máximo de precaución al instalar estos aspersores, ya que deberán tener la precaución de no humedecer o mojar cualquier zona o sector que no sea la correa misma sobre su carga, por cuanto se debe evitar áreas con exceso de agua, lo que significa riesgos anexos al proceso que no se deben tolerar en la Planta. Todo lo anterior, permitirá que la carga que ingrese a los chutes, lo haga con un nivel de humedad tal, que ejerza un mejor control de las moléculas de polvo fugitiva en el interior de los chutes.

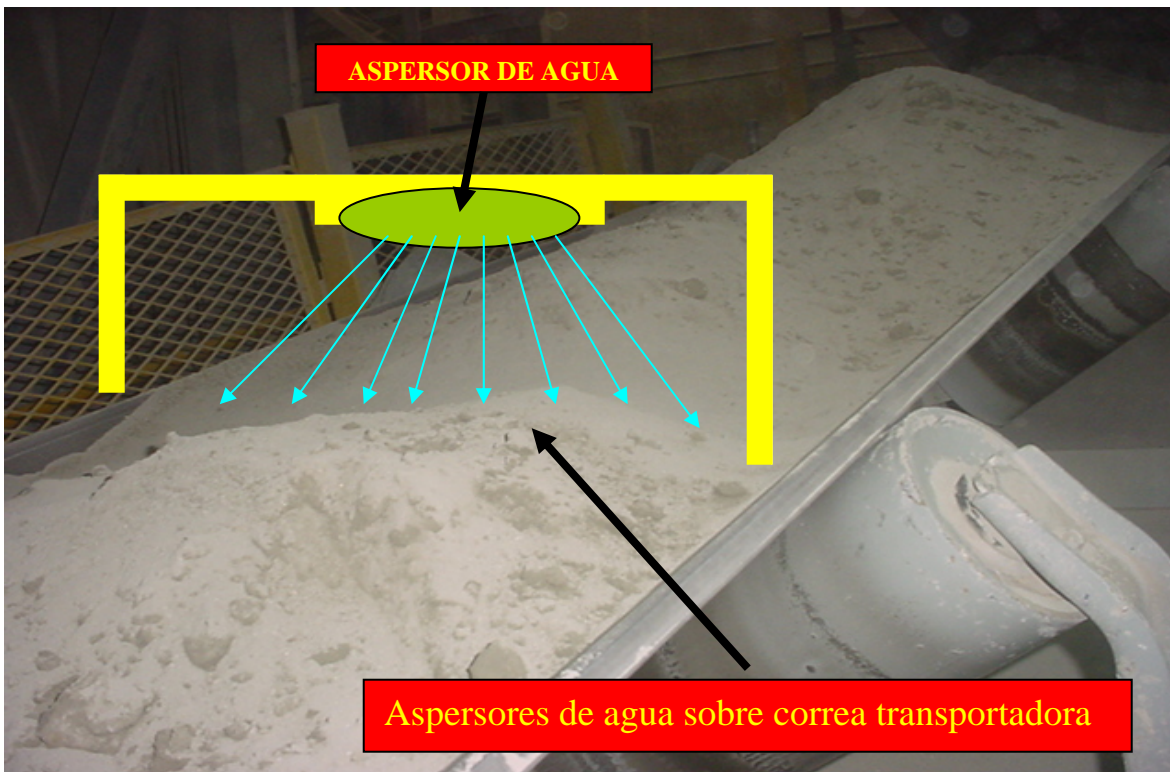


Fig. 55. Sugerencia de instalación de aspersores en correas transportadoras.

- Es fundamental dejar establecido que se reconoce que una parte de las emisiones fugitivas proviene de las líneas de traspaso de correas, es decir de las correas transportadoras.

COLECTORES.

Los colectores de polvo fueron instalados hacia principios del año 2000. Desde su instalación y hasta el día de hoy, la Planta ha sufrido una serie de modificaciones que incluyen la ampliación de correas, la instalación de equipos y estructuras, aumento en sitios de traspaso alimentación y carga, que no fueron considerados en el proyecto original y que permanecen sin sistemas de captación de polvos que repercute en la carga de MP que va a los chutes.

- La ampliación de las ducterías, o la consideración de instalar un nuevo colector para potenciar la extracción de polvos fugitivos al interior del recinto, será un aporte para disminuir las emisiones de polvo de sílice cristalizado de cuarzo. Ampliando las redes, colocando campanas colectoras y dumpers de regulación, y focalizando la extracción hasta los puntos críticos, podremos decir que realizaríamos un control más riguroso sobre el polvo fugitivo y por tanto una contribución para controlar las emisiones al medio ambiente laboral.



Fig. 56. Chute de correa 102, sin sistema colector de polvo.

- Una de las complejidades del sistema, es lidiar con material fino, el cual, se desplaza a través de las líneas de distribución por la planta de chancado. Los alimentadores, no discriminan tempranamente sobre la granulometría del material, sino más bien, asume que el material que ingresa proveniente desde la mina, trae una granulometría que se debe procesar. Esta no discriminación sobre la granulometría, implica que una gran parte de las emisiones, podría controlarse, ya que si se pudiera retener la parte mas fina antes de ingresar a las correas de distribución, solo se tendría que lidiar con el material fino resultante del proceso de chancado netamente tal, y no tanto con el fino que constantemente esta rotando por la planta, es producto

de la rotación excesiva de material que las emisiones fugitivas aumentan, y controlarlas es una excelente posibilidad. Teniendo en cuenta que el mineral que ingresa a la planta proveniente de la Mina, no tiene una granulometría homogénea, y que en esta diversidad granulométrica encontramos una gran cantidad de material fino, el cual no necesita pasar a correas, sino directamente a proceso, se recomienda diseñar un sistema de captación de finos o harneado primario, en etapa de Ingreso del material al sistema de correas.

COSTO – BENEFICIO DE IMPLEMENTAR MEJORAS EN LOS SISTEMAS DE CONTROL DE POLVO.

El costo beneficio de realizar las propuestas de mejora Empresa-Trabajadores son: La Empresa se beneficiará de los resultados al mejorar su estándar de operación, lo que implicara en un reconocimiento del mercado a la gestión en sus procesos, mejorando la calificación en las certificaciones y cumpliendo con las exigencias que establece la legislación para el control de sus operaciones, lo que abre acceso a cuotas de mercado que se rigen por estos parámetros, mejorando su competitividad y colocándola en posición de exportar ideas y soluciones en el control de la contaminación de otros procesos, o similares, al interior o fuera de las

instalaciones de El Teniente. Los trabajadores, por su parte, se beneficiaran de una mejora en su calidad de vida presente y de asegurar una calidad de vida para el futuro, mejorando las condiciones de operación diaria, disminuyendo su exposición a niveles sobre la norma en relación al contaminante de estudio: polvo de sílice cristalizado.

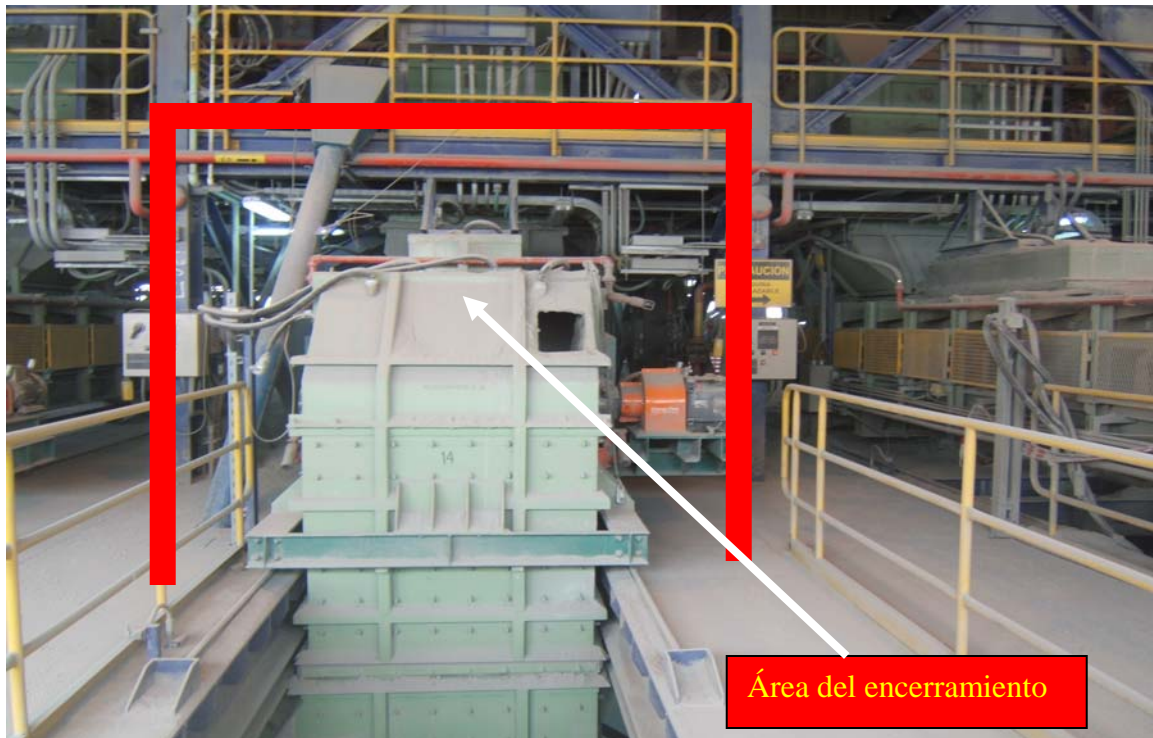
12. PROPUESTA PARA ENFRENTAR LA EXPLOSIÓN DE PARTICULADO CONTAMINANTE POR EFECTO DE LOS CHUTES.

Las emisiones fugitivas en donde se concentran algunos de los niveles mas elevados de contaminación, son los asociados con aquellos chutes mencionados en nuestro trabajo investigativo. Idear un mecanismo de control de esas emisiones, nos lleva a plantearnos la interrogante: ¿podemos mediante algún medio físico, aislar los chutes en cuestión? La respuesta no merece mayor análisis y es positiva. De esta manera, consideramos la siguiente alternativa:

Diseñar estructura fabricada con perfiles metálicos de 40mm x 20mm x 1.5mm, los cuales tendrán la función de recubrir toda la zona en donde se sitúe el chute, dejando aquellos sectores móviles como el ingreso y salida de las correas transportadoras con una protección lo más ajustada al volumen de movimiento. El recubrimiento de la estructura podrá ser de lamas de PVC, las que tendrán un traslape de 30 cm. y confinarán el área considerando lo siguiente:

- El sector de chutes aislado, deberá dejar un acceso libre y rápido para el ingreso de personal por motivos de mantención preventiva, inspecciones visuales, o reparaciones.
- El aislamiento, deberá complementarse con una interconexión al sistema de extracción, a través de ductos de mangas, los que se conectaran al

sistema de colectores existente concentrándose en el aislamiento para captar las explosiones de polvo, evitando la aglomeración masiva, y extrayendo la contaminación fuera del recinto.



- Las lamas deberán instalarse en lonjas verticales, las cuales permitirán el acceso tipo cortina desde y hacia el interior del chute.
- Las dimensiones de cada aislamiento deberán adaptarse en terreno, ya que la disposición de los chutes, es variable en su dimensión, estructura y

ubicación, siendo imposible desde este punto de vista estandarizar una estructura en particular para todos los chutes conflictivos.

- Las emisiones explosivas que se producen en las cabezas y colas de harneros y chancadores, no son objeto de este estudio, ya que el rediseño de tapas y colas están siendo modificadas por la Superintendencia de Mantención.
- Las emisiones explosivas de particulado que están relacionadas con harneros y chancadores, son pequeñas en relación a las producidas por los chutes, ya que existen 11 harneros y 11 chancadores en toda la planta, los cuales poseen sistema de captación directa hacia los colectores de polvo, contra los 84 chutes que operan en el Chancador Secundario.
- La cantidad de humedad que contiene la carga, no afecta ni altera en absoluto el trabajo de los harneros, ya que el diseño y funcionamiento de estos no se basa en la cantidad de agua contenida en los sólidos, sino en el movimiento oscilante perpendicular que tienen las parrillas selectoras de material.

13. BIBLIOGRAFIA.

- Barros Mansilla, María Celia. EL TENIENTE: LOS HOMBRES DEL MINERAL: 1905-1945. 1ª Edición. Santiago: Codelco, 1995. 2 v.
- García Gaudilla, C. “PRODUCCIÓN Y TRANSFERENCIA DE PARADIGMAS TEÓRICOS EN LA EDUCACIÓN SOCIOEDUCATIVA.”, Caracas, Fondo Editorial Tropykos, 1987.
- Revista CONFEMIN (Confederación Minera de Chile) Edición 01 - Abril 2010.

MARCO LEGAL.

- DECRETO SUPREMO 594/99. MINISTERIO DE SALUD. APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BASICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO. Publicada en el Diario Oficial con fecha 29 de Abril de 2000.

- DECRETO SUPREMO N°. 185/92. MINISTERIO DE MINERIA. REGLAMENTA FUNCIONAMIENTO DE ESTABLECIMIENTO EMISORES DE ANHIDRIDO SULFUROSO, MATERIAL PARTICULADO Y ARSENICO EN TODO EL TERRITORIO DE LA REPUBLICA. Publicada en el Diario Oficial con fecha 16 de Enero de 1992.
- DECRETO SUPREMO N°. 45/01. MINISTERIO DE MINERIA. ESTABLECE NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL AIRE PARA MP10, EN ESPECIAL DE LOS VALORES QUE DEFINEN SITUACIONES DE EMERGENCIA. Publicada en el Diario Oficial el 11 Septiembre de 2001.
- LEY N° 19.300. LEY DE BASES GENERALES SOBRE MEDIO AMBIENTE. MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. Aprueba Ley sobre bases generales del Medio Ambiente, publicado en el Diario Oficial con fecha 9 de Marzo de 1994.
- LEY N° 20.392, MINISTERIO DE MINERIA. MODIFICA EL ESTATUTO ORGÁNICO DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE (CODELCO) Y LAS NORMAS SOBRE DISPOSICIÓN DE SUS PERTENENCIAS MINERAS QUE NO FORMAN PARTE DE

YACIMIENTOS EN ACTUAL EXPLOTACIÓN. Publicada en Diario Oficial con fecha 14 Noviembre de 2009.

- LEY N° 20417, MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. CREA MINISTERIO, EL SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL Y LA SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE. Publicada en el Diario Oficial con fecha 26 Enero de 2010.

VINCULOS WEB.

Corporación Nacional del Cobre, disponible en:

- <http://www.codelco.cl/desarrollo/reporte/2009/pdf/reporte2009.pdf>. fecha de consulta día 16 de Agosto de 2010.

Diario Financiero. Edición 23 de febrero de 2010.

- http://www.df.cl/portal2/content/df/ediciones/20100223/cont_134323.html. consultada el día 05 de Junio de 2010.